



**UNISUL**

**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**LEONARDO SILVEIRA DE BRUM**

**LISANDRO EDGAR WEGENER**

**MELHORIA DE PROCESSO PRODUTIVO:**

**JIGA DE TESTES DE PRODUTO**

Palhoça

2018

**LEONARDO SILVEIRA DE BRUM  
LISANDRO EDGAR WEGENER**

**MELHORIA DE PROCESSO PRODUTIVO:  
JIGA DE TESTES DE PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Graduação em Engenharia Elétrica  
- Telemática da Universidade do Sul de Santa  
Catarina, como requisito parcial para obtenção  
do grau de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Fábio Ignácio da Rosa, Eng.º Esp.

Palhoça  
2018

**LEONARDO SILVEIRA DE BRUM  
LISANDRO EDGAR WEGENER**

**MELHORIA DE PROCESSO PRODUTIVO:  
JIGA DE TESTES DE PRODUTO**

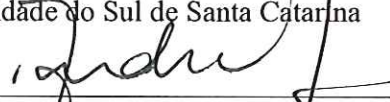
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica - Telemática da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 28 de junho de 2018.



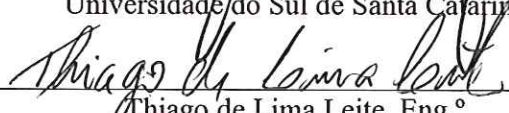
---

Professor e orientador Fábio Ignácio da Rosa, Eng.º Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Professor André Tonon, Eng.º Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Thiago de Lima Leite, Eng.º

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos iluminado nesta difícil jornada, aos nossos familiares, pelo amor, carinho e incentivo que a nós foi dado, pois sempre nos incentivaram e nos apoiaram em momentos difíceis. Em especial as nossas esposas e filhos que por muitas vezes abriram mão de alguns finais de semana de diversão e companhia por silêncio e, muitas vezes, ausência.

Ao professor Fábio Ignácio da Rosa, nosso orientador, que se dedicou a nos orientar de forma a obtermos esta conclusão importantíssima ao final do curso. A todos os demais professores do curso de Engenharia Elétrica Telemática que foram nosso mestres durante todos estes anos do curso de engenharia. Aos colegas de trabalho Carlos Antonio de Souza e André Medeiros que nos apoiaram e dedicaram parte de seu tempo no auxílio deste desenvolvimento.

Agradecemos a empresa INTELBRAS S.A. por acreditar em nosso projeto, cedendo seus laboratórios e equipamentos para que pudéssemos realizar a implementação da Jiga e validações dos testes práticos. Agradecemos também àqueles, por ora não citados, que contribuíram de forma direta ou indireta para que o objetivo fosse alcançado.

## **RESUMO**

A necessidade de maiores investimentos no desenvolvimento de soluções que tornem produtos e processos mais eficientes, tem se tornado uma adoção contínua de empresas brasileiras. Esta necessidade tem por objetivo tornar os custos de fabricação viáveis perante a acirrada concorrência, provinda principalmente do mercado asiático, tornando a fabricação nacional de produtos viável e competitiva. Visando atender esta necessidade, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma jiga de testes, dispositivo de testes de produto, com propósito de implantação de um sistema com automatização de testes e otimização de etapas do processo produtivo da manufatura de um videoporteiro objetivando dar maior eficiência dinamismo na fabricação de produtos. Este projeto inicia-se com um estudo da necessidade da fábrica, seguido da especificação e posterior desenvolvimento do dispositivo.

Palavras-chave: Eficiente. Jiga. Automatização.

## **ABSTRACT**

The necessity of greater investments in developing solutions that make products and processes more efficient has become a continuous adoption of Brazilian companies. This necessity aims to make production costs feasible in the face of fierce competition, mainly from the Asian market, making the national products manufacturing viable and competitive. In order to attend this necessity, this work proposes a jig test development, a product test device, whose purpose is implementing a system with tests automation and manufacturing process optimization of a video door phone in order to give greater dynamism and efficiency on product manufacturing. This project begins with a study of the factory necessity, followed by the specification and subsequent development of the test device.

**Keywords:** Efficiency. Jig. Automation

## LISTA DE SIGLAS

AD – Analógico/digital

CPU – *Central Processing Unit*

EA – Extensão de Áudio

GND – *Ground*

LER – Lesão por Esforço Repetitivo

LED – *Light Emitting Diodo*

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

NCM – Nomenclatura Comum do Mercosul

PCI – Placa de Circuito Impresso

PGC – *Programming clock*

PGD – *Programming data*

PTH – *Pin Through Hole*

SMT – *Surface Mount Technology*

UTP – *Unshielded Twisted Pair*

Vac – Tensão Alternada

Vdc – Tensão Contínua

VPP – *Programming voltage*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Etapas do atual processo de fabricação.....                                   | 18 |
| Figura 2 – Comparação dos processos de fabricação.....                                   | 20 |
| Figura 3 – Etapas do processo produtivo.....                                             | 23 |
| Figura 4 – Lados da PCI.....                                                             | 23 |
| Figura 5 – Componente SMT.....                                                           | 24 |
| Figura 6 – Componente PTH.....                                                           | 24 |
| Figura 7 - Videoproteiro.....                                                            | 33 |
| Figura 8 - Módulo interno (visão frontal).....                                           | 34 |
| Figura 9 - Módulo interno (visão traseira).....                                          | 35 |
| Figura 10 - Módulo externo (visão frontal).....                                          | 36 |
| Figura 11 - Módulo externo (visão interna).....                                          | 37 |
| Figura 12 - Instalação entre os módulos.....                                             | 38 |
| Figura 13 - Instalação de fechadura elétrica e Botoeira.....                             | 38 |
| Figura 14 - Instalação de câmera adicional.....                                          | 39 |
| Figura 15 - Instalação de portão de garagem.....                                         | 39 |
| Figura 16 – Projeto mecânico da jiga de testes.....                                      | 42 |
| Figura 17 – Disposição de itens de operação.....                                         | 42 |
| Figura 18 – Conjunto pneumático.....                                                     | 43 |
| Figura 19 – Resultado mecânico.....                                                      | 44 |
| Figura 20 – Etapas de validação automática.....                                          | 45 |
| Figura 21 – Placa Padrão: Placa principal.....                                           | 48 |
| Figura 22 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa principal.....                       | 48 |
| Figura 23 – Placa Padrão: Placa <i>display</i> .....                                     | 49 |
| Figura 24 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa <i>display</i> .....                 | 50 |
| Figura 25 – Placa Padrão: Placa de gravação do <i>firmware</i> .....                     | 51 |
| Figura 26 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa de gravação do <i>firmware</i> ..... | 51 |
| Figura 27 – Placa Padrão: Placa de rele.....                                             | 52 |
| Figura 28 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa de rele.....                         | 53 |
| Figura 29 – Placa Padrão: Placa de sensor AD.....                                        | 55 |
| Figura 30 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa sensor AD.....                       | 56 |
| Figura 31 – Placa Padrão: Fonte DC.....                                                  | 58 |
| Figura 32 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa Fonte DC.....                        | 58 |



|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 33 – Placa Padrão: Placa de gerenciamento de alimentação.....                         | 60 |
| Figura 34 – Placa Padrão: Esquema elétrico placa de gerenciamento de alimentação.....        | 61 |
| Figura 35 – Placa de distribuição de alimentação e dados.....                                | 62 |
| Figura 36 – Placa auxiliar: Esquema elétrico placa de distribuição de alimentação e dados... | 62 |
| Figura 37 – Placa auxiliar: Simulador extensão de áudio, fechadura e sensor de presença..... | 63 |
| Figura 38 – Placa auxiliar: Esquema elétrico extensão de áudio, fechadura, sensor presença.  | 64 |
| Figura 39 – Placa auxiliar: Identificação e controle da entrada AC.....                      | 65 |
| Figura 40 – Placa auxiliar: Esquema elétrico placa identificação e controle da entrada AC... | 65 |
| Figura 41 – Placa auxiliar: Sensores de barreira.....                                        | 66 |
| Figura 42 – Placa auxiliar: Esquema elétrico da placa sensores de barreira.....              | 67 |
| Figura 43 – Placa auxiliar: Distribuição DC pneumático.....                                  | 68 |
| Figura 44 – Placa auxiliar: Esquema elétrico da placa de distribuição DC pneumático.....     | 68 |
| Figura 45 – Localização dos sensores de barreira.....                                        | 69 |
| Figura 46 – Exemplificação do encaixe do produto.....                                        | 70 |
| Figura 47 – Sequência de interrupção dos sensores de “mão”.....                              | 71 |
| Figura 48 – Indicação de PRONTO.....                                                         | 71 |
| Figura 49 – Etapas de validação automática.....                                              | 72 |
| Figura 50 – Módulo mecânico.....                                                             | 73 |
| Figura 51 – Posicionamento dos atuadores pneumáticos.....                                    | 73 |
| Figura 52 – Fixação das placas eletrônicas.....                                              | 74 |
| Figura 53 – Conexão dos sensores de barreira.....                                            | 74 |
| Figura 54 – Conexão da distribuição DC e comunicação serial.....                             | 75 |
| Figura 55 – Conexão das placas padrão e auxiliar.....                                        | 75 |
| Figura 56 – Conexão entre os módulos.....                                                    | 76 |
| Figura 57 – Conexão AC e controle AC.....                                                    | 76 |
| Figura 58 – Finalização das conexões.....                                                    | 77 |
| Figura 59 – Inserção dos produtos na jiga.....                                               | 79 |
| Figura 60 – Avaliação dos testes automáticos.....                                            | 79 |
| Figura 61 – Teste da campanha.....                                                           | 80 |
| Figura 62 – Teste de comunicação e vídeo.....                                                | 81 |
| Figura 63 – Teste da câmera adicional.....                                                   | 81 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 – Volume de importação da NCM 8517.18.10..... | 14 |
|---------------------------------------------------------|----|

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Índice de importação brasileira (U\$)..... | 13 |
|-------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                          | <b>13</b> |
| 1.1 TEMA .....                                                    | 13        |
| 1.2 PROBLEMA.....                                                 | 15        |
| 1.3 JUSTIFICATIVA .....                                           | 16        |
| 1.4 OBJETIVOS .....                                               | 17        |
| <b>1.4.1 Geral .....</b>                                          | <b>17</b> |
| <b>1.4.2 Específico.....</b>                                      | <b>17</b> |
| 1.5 DELIMITAÇÃO.....                                              | 17        |
| 1.6 PROPOSTA DA SOLUÇÃO .....                                     | 18        |
| 1.7 METODOLOGIA DE PESQUISA.....                                  | 20        |
| 1.8 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA .....                                 | 21        |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                              | <b>22</b> |
| 2.1 ESTRUTURA DO PROCESSO PRODUTIVO.....                          | 22        |
| <b>2.1.1 Etapas da linha de produção .....</b>                    | <b>22</b> |
| 2.1.1.1 Montagem de placas .....                                  | 23        |
| 2.1.1.2 Verificação dos componentes montados .....                | 25        |
| 2.1.1.3 Validação eletrônica das placas.....                      | 25        |
| 2.1.1.4 Integração do produto.....                                | 26        |
| 2.1.1.5 Testes e validação do produto .....                       | 26        |
| 2.2 MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO .....                         | 26        |
| <b>2.2.1 Benefícios das melhorias no processo produtivo .....</b> | <b>27</b> |
| 2.2.1.1 Custo.....                                                | 27        |
| 2.2.1.2 Qualidade.....                                            | 27        |
| 2.2.1.3 Produtividade.....                                        | 28        |
| 2.2.1.4 Flexibilidade .....                                       | 28        |
| <b>2.2.2 Implantação de melhorias .....</b>                       | <b>29</b> |
| 2.3 SISTEMA DE VIDEOMONITORAMENTO .....                           | 31        |
| <b>2.3.1 Sistema de videoportaria .....</b>                       | <b>32</b> |
| 2.3.1.1 Módulo interno .....                                      | 33        |
| 2.3.1.2 Módulo externo .....                                      | 35        |
| <b>3 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO PROPOSTA .....</b>                | <b>40</b> |
| 3.1 ESPECIFICAÇÃO DA JIGA .....                                   | 40        |

|                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3.1.1 Especificação do Módulo Mecânico.....</b>                                           | <b>41</b> |
| 3.1.1.1 Especificação mecânica solicitada .....                                              | 41        |
| 3.1.1.2 Resultado mecânico fornecido pelo terceiro .....                                     | 44        |
| <b>3.1.2 Especificação do Módulo eletroeletrônico.....</b>                                   | <b>44</b> |
| 3.1.2.1 Circuitos eletrônicos da jiga de testes .....                                        | 46        |
| 3.1.2.1.1 Placa principal .....                                                              | 47        |
| 3.1.2.1.2 Placa display .....                                                                | 48        |
| 3.1.2.1.3 Placa de gravação do firmware .....                                                | 50        |
| 3.1.2.1.4 Placa de Rele .....                                                                | 51        |
| 3.1.2.1.5 Placa de sensor AD .....                                                           | 55        |
| 3.1.2.1.6 Fonte DC .....                                                                     | 57        |
| 3.1.2.1.7 Placa de gerenciamento de alimentação .....                                        | 59        |
| 3.1.2.1.8 Placa auxiliar - Distribuição de alimentação e dados .....                         | 61        |
| 3.1.2.1.9 Placa auxiliar - Simulador de extensão de áudio/Fechadura/Sensor de presença ..... | 62        |
| 3.1.2.1.10 Placa auxiliar - Identificação e controle da entrada AC .....                     | 64        |
| 3.1.2.1.11 Placa auxiliar - Sensores de barreira .....                                       | 65        |
| 3.1.2.1.12 Placa auxiliar - Distribuição DC Pneumático .....                                 | 67        |
| <b>3.1.3 Especificação de Funcionamento .....</b>                                            | <b>68</b> |
| <b>3.2 MONTAGEM DA JIGA.....</b>                                                             | <b>72</b> |
| <b>4 VALIDAÇÃO FINAL DA JIGA .....</b>                                                       | <b>78</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                                                                      | <b>83</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                     | <b>85</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                          | <b>86</b> |
| <b>ANEXO A – ESQUEMA ELÉTRICO DA JIGA DE TESTES .....</b>                                    | <b>87</b> |
| <b>ANEXO B – ETAPAS DE TESTES AUTOMÁTICOS .....</b>                                          | <b>93</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Descrevem-se neste capítulo as definições gerais do projeto: tema, problema, justificativa, objetivo geral e específico, delimitação e proposta da solução.

### 1.1 TEMA

Com o aumento da concorrência no mercado entre produtos eletroeletrônicos oriundos, principalmente, do mercado externo, fez com que muitas empresas do setor brasileiro realizassem investimentos em novas soluções com objetivo de melhoria da qualidade dos produtos e redução de custos nos processos fabris para que, desta forma, conseguissem garantir a produção de equipamentos com qualidade e preços competitivos. Para Ohno (1997), a abertura às importações é um dos fatores do processo de revolução dos parâmetros que definiram o ambiente de operação na indústria brasileira.

Segundo índices de importação brasileira, disponibilizados no site do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC, a Ásia é responsável pelo maior volume de importação de insumos para o Brasil, detendo cerca de 32,94% no último ano de apuração.

Tabela 2 – Índice de importação brasileira (U\$)

| BLOCO                                     | 2015                      | 2016                      | 2017                      |
|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ÁSIA                                      | 55.932.752.974,00         | 43.249.006.062,00         | 49.657.398.421,00         |
| EUROPA                                    | 43.223.120.420,00         | 36.446.704.083,00         | 38.289.424.035,00         |
| AMÉRICA DO NORTE                          | 33.270.688.843,00         | 29.196.735.119,00         | 30.845.622.122,00         |
| AMÉRICA DO SUL                            | 22.231.844.192,00         | 18.824.501.090,00         | 20.352.701.874,00         |
| ORIENTE MÉDIO                             | 5.313.448.749,00          | 3.568.829.498,00          | 3.964.034.629,00          |
| ÁFRICA                                    | 8.763.918.378,00          | 4.601.075.030,00          | 5.531.502.767,00          |
| AMÉRICA CENTRAL E CARIBE                  | 1.601.522.006,00          | 778.480.961,00            | 682.510.445,00            |
| OCEANIA                                   | 1.111.752.268,00          | 886.649.152,00            | 1.426.258.366,00          |
| PAÍS NÃO DECLARADO/SEM INFORMAÇÃO DE PAÍS | 3.079,00                  | 456,00                    | 290,00                    |
| VAZIO                                     | 0,00                      | 21.405,00                 | 0,00                      |
| <b>Total Geral (U\$)</b>                  | <b>171.449.052.924,00</b> | <b>137.552.004.872,00</b> | <b>150.749.454.966,00</b> |

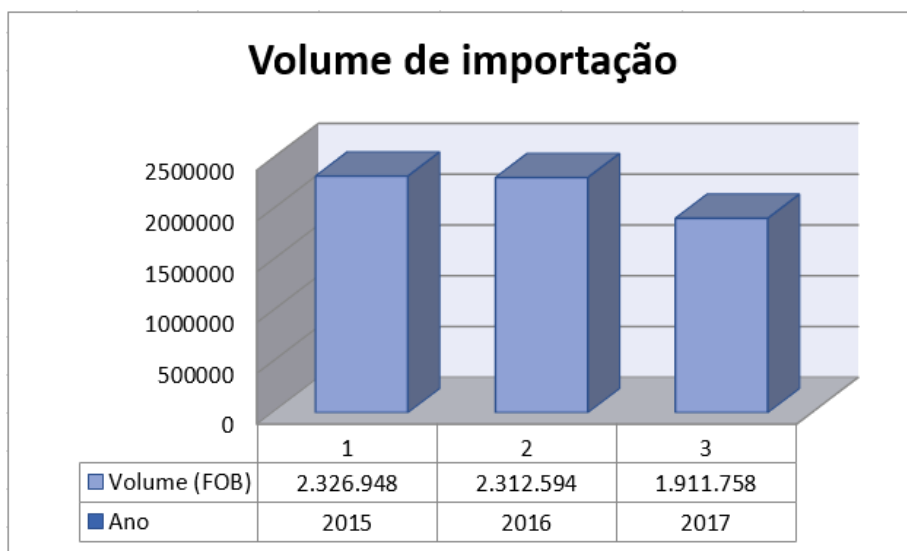
Fonte: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2018.

As importações dos diversos tipos de produtos seguem normas de tratamento administrativo que são classificadas, de acordo com suas características e aplicações. Esta classificação é realizada desde 1995, pelos países membro do Mercosul, de acordo com a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM). Trata-se de um código de oito dígitos

estabelecido pelo governo brasileiro para caracterizar a natureza das mercadorias e promover o desenvolvimento do comércio internacional. É com base na classificação fiscal, NCM, que cada produto é taxado pelos tributos incidentes na importação, comercialização e circulação de produtos.

O Gráfico 1 apresenta os índices de importação da classificação de produtos da NCM 8517.18.10, que trata diretamente de videoporteiros, produto do qual trata este trabalho. Estes dados foram coletados de um programa exclusivo utilizado pela empresa Intelbras, empresa do estudo, que disponibiliza as informações de importação de produtos e suas partes, de acordo com a NCM de cada categoria. De acordo com o gráfico, percebe-se que, nos anos de 2015 e 2016, o volume de importação permaneceu estável, já em 2017, houve um declínio nas importações. Um dos motivos da diminuição do volume de importação foi devido à crise financeira que assola o país, onde muitas empresas da área de segurança eletrônica acabaram finalizando suas atividades. Segundo matéria publicada no site do Estadão (2016), os altos custos de importação e impostos foram alguns dos motivos do fechamento de diversas empresas no Brasil, dentre elas, fabricantes que já foram líderes em seus respectivos segmentos de atuação.

Gráfico 1 – Volume de importação da NCM 8517.18.10



Fonte: Empresa do estudo, 2018.

Atualmente, investimentos em melhorias de processos têm sido o aliado direto na redução de custos dos produtos desenvolvidos no mercado brasileiro. Não apenas a redução de custos, como também a eliminação de processos de trabalho manual. Para Leite e Thiesen (2011), a eliminação do trabalho manual em processos industriais evita a ocorrência de erros e diminui a fadiga humana causada pelo trabalho repetitivo.

Seguindo esta tendência de mercado, empresas do setor industrial têm realizado investimento na melhoria de seus processos produtivos através de reorganização da planta industrial e desenvolvimentos de equipamentos automatizados para validação de processos e produtos. A redução dos tempos de processos fabris está diretamente relacionada à redução de custos de produção o que reflete no preço de venda final do mesmo.

Com base no exposto acima, este trabalho tem o propósito de apresentar uma solução prática de redução de custos e garantia de qualidade no processo produtivo de um modelo de produto fabricado na planta fabril da Intelbras, uma empresa de telecomunicações catarinense localizada em São José, Santa Catarina. Trata-se do desenvolvimento de um dispositivo de testes, denominado jiga<sup>1</sup> de testes, utilizada para validação funcional de um modelo de videoporteiro<sup>2</sup> produzido pela empresa.

## 1.2 PROBLEMA

Uma concorrência de mercado faz com que empresas busquem novos meios de redução de custos no desenvolvimento e processos de fabricações de produtos, daí a necessidade de desenvolvimento de novos métodos produtivos que possibilitem a melhoria de processos específicos e, conseqüentemente, a redução de custos de manufatura. Para Ohno (1997, p. 38) “O aumento da eficiência só faz sentido quando está associado à redução de custos”. Muitos são os fatores que levam empresas em busca de uma produção mais eficiente, sendo que os principais são:

- melhoria nos processos – muitos processos necessitam de maior recurso humano para determinadas tarefas, estes processos, quando reorganizados e/ou automatizados, diminuem o tempo de produção tornando-a mais dinâmica e eficaz;
- maior qualidade de produção e produto – o desenvolvimento de dispositivos de testes evita que muitos trabalhos repetitivos causem a fadiga humana o que, em processos de fabricação, podem levar ao erro ou mesmo afastamento do colaborador por L.E.R..
- redução de custos – a automatização e unificação dos testes de validação, além da melhoria nos processos e da qualidade, possibilita a redução de custos do produto;

---

<sup>1</sup> Dispositivo de testes de produto.

<sup>2</sup> Produto utilizado para comunicação áudio visual em residências e comércios.



Com base nos problemas citados, em relação à concorrência de mercado e as consequências da melhoria dos três fatores citados anteriormente estarem diretamente relacionadas à redução de custos de produção de produtos industriais, a solução sugerida foi o desenvolvimento de uma jiga de testes que automatiza e reduz o número de processos em relação ao cenário atual, a qual é a proposta deste trabalho. Conforme Ohno (1997, p. 30) “A redução de custos deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que busquem sobreviver no mercado atual”.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Os produtos da linha de videoporteiros são compostos por dois produtos: Módulo interno, produto que é instalado na área interna da residência, e módulo externo, produto que é instalado na área externa da residência. Os dispositivos de testes disponíveis hoje, na linha de produção da empresa, possibilitam a validação de testes de produtos de forma individual, ou seja, existe uma jiga de testes para o módulo interno e outra jiga para o módulo externo. Este modelo de produção realiza a validação dos produtos com qualidade e com pleno atendimento da demanda produtiva, porém ainda apresenta algumas deficiências que a tornam não tão eficiente, devido a operações predominantemente manuais e com a realização dos testes individualizados para cada módulo do produto. Como o mercado exige cada vez mais um maior esforço de, não apenas desenvolver produtos de qualidade, mas desenvolver produtos com o menor custo possível buscou-se uma forma de melhorar o processo produtivo da linha de montagem de um determinado produto constatando a possibilidade de redução de custos de processo e melhoria da eficiência produtiva da fábrica.

Buscando uma melhoria e redução nos custos do processo citado, propõe-se o desenvolvimento de uma jiga de testes que permita a eliminação de processos, realizados em outros setores e/ou etapas da empresa, tornando o processo fabril mais eficiente. Com o advento desta redução, é possível atuar diretamente no custo de fábrica e, conseqüentemente, na redução de custos de produtos.

Após a realização de uma avaliação no processo produtivo do dispositivo do estudo, o videoporteiro, observou-se a oportunidade de uma redução de, aproximadamente, 40% do custo de manufatura para se produzir um produto.

## 1.4 OBJETIVOS

Descreve-se, neste tópico, os objetivos geral e específicos deste trabalho.

### 1.4.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é a implantação de uma jiga de testes capaz de testar e validar as principais funções do produto videoporteiro fabricado na planta fabril da empresa Intelbras, com redução de custo no processo produtivo em comparação com a solução atual e fornecendo maior eficiência na manufatura.

### 1.4.2 Específico

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- estudo da solução atual de manufatura do produto videoporteiro.
- elaboração de uma proposta para melhoria do processo de manufatura do videoporteiro.
- desenvolvimento de um dispositivo de testes (jiga).
- implantação do dispositivo de teste em linha de produção.
- análise do ganho de eficiência do sistema proposto em comparação ao sistema atual.

## 1.5 DELIMITAÇÃO

O projeto proposto fica restrito apenas ao produto videoporteiro produzido pela empresa Intelbras. Tal projeto visa validar determinadas funcionalidades do produto, que são as principais e suficientes para garantia da qualidade, como:

- teste de fonte;
- gravação do *firmware*<sup>3</sup> do produto;
- teste de áudio: Transmissão e Recepção;
- teste de vídeo: Câmera principal;
- teste de vídeo: Câmera adicional;

---

<sup>3</sup> Conjunto de instruções operacionais programadas diretamente no hardware de um equipamento eletrônico.

- teste de acionamento de fechadura: fechadura elétrica;
- validações mecânicas: Teclado;

As demais facilidades do produto não serão validadas nesta etapa de teste, pois tratam de parâmetros contemplados em etapas anteriores ao teste funcional do produto ou são aspectos inerentes ao funcionamento de *software* do produto.

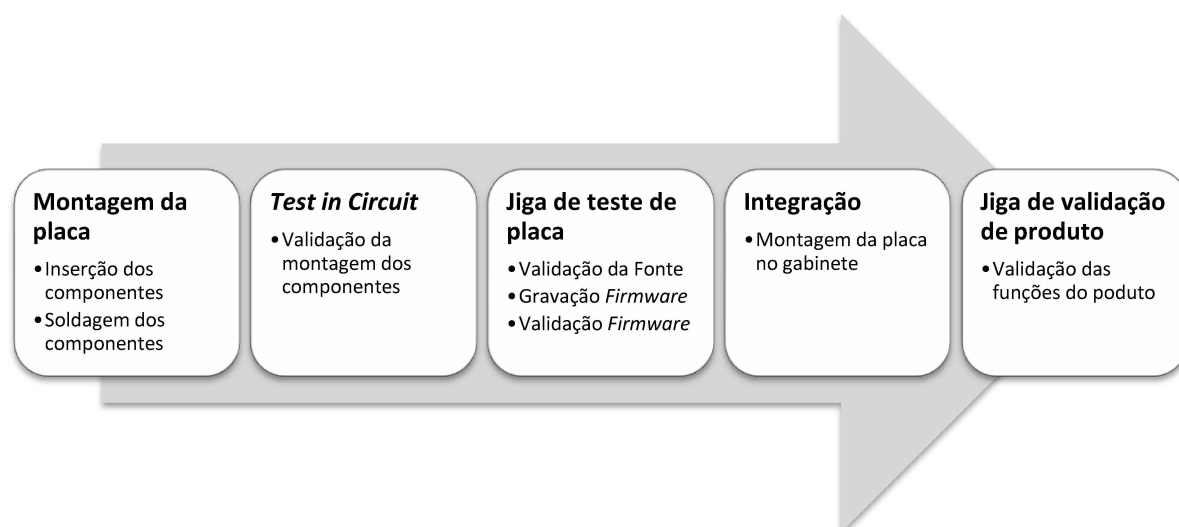
## 1.6 PROPOSTA DA SOLUÇÃO

O principal objetivo de uma jiga é a realização dos testes de um determinado produto, realizando sua validação para a efetivação de seu funcionamento e posterior comercialização. No entanto, os sistemas de processo produtivo necessitam garantir a máxima qualidade possível do produto, com o menor tempo de produção possível, e, para isso, as melhorias nos processos produtivos necessitam ser constantes.

Antes da apresentação da proposta de solução adotada, será explanado o processo produtivo da solução corrente em operação da linha de produção.

O processo de fabricação do produto mencionado, atualmente, divide-se em cinco etapas, conforme a Figura 1 apresenta. Estas etapas são realizadas nos dois módulos que compõem o produto, módulo interno e módulo externo.

Figura 1 – Etapas do atual processo de fabricação.



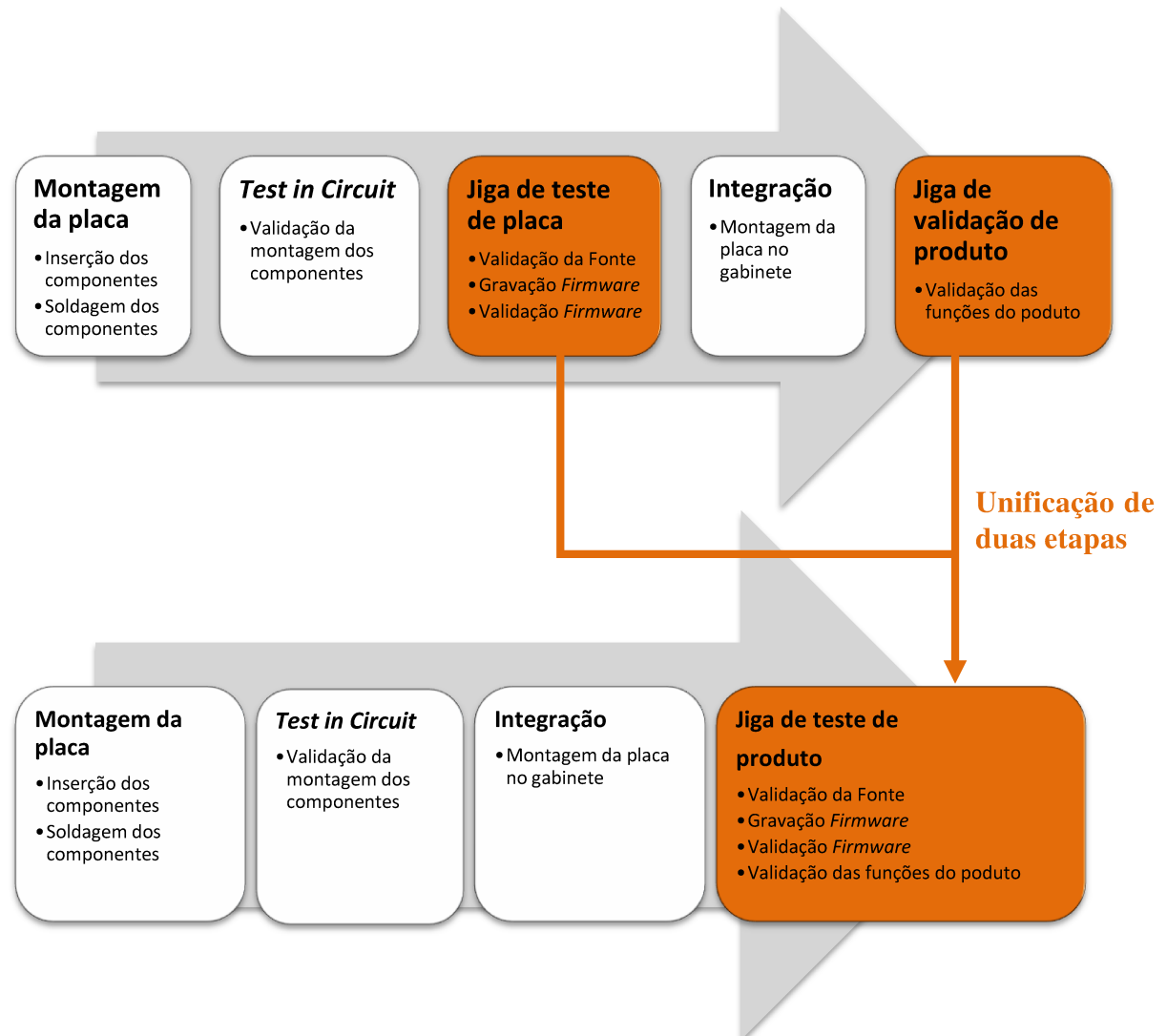
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma jiga de testes que contemple, em uma única etapa, todos os testes que são realizados em duas etapas do processo apresentado anteriormente, ou seja, este novo dispositivo irá contemplar os testes realizados nas etapas de teste de placa e de validação de produto, em um mesmo dispositivo contemplando os testes de ambos os módulos na mesma jiga de testes.

Esta tratativa permitirá que o produto em questão apresente maior eficiência em suas operações, reduzindo o tempo no processo de fabricação e, conseqüentemente, proporcionando uma redução de custos na manufatura do produto.

Para um melhor entendimento da redução de etapas no processo, a Figura 2 apresenta uma comparação entre o processo de fabricação atual e o proposto, agora com quatro etapas, com a utilização da jiga de testes a ser desenvolvida.

Figura 2 – Comparação dos processos de fabricação



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Diante do exposto acima observa-se a eliminação de uma das etapas do processo produtivo atual, nota-se, portanto, que ocorrerá uma significativa alteração na dinâmica de fabricação do produto alcançando índices de produtividade superiores à atual com redução de tempo de fabricação e recursos, dando maior otimização à manufatura.

## 1.7 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa é embasada em dados gerenciais do processo e, também, apresenta uma base sustentada por pesquisas bibliográficas, pois busca conhecimentos em livros, artigos ou fontes fidedignas que demonstram a necessidade de investimentos em novas soluções para os processos produtivos.

Tal solução é apresentada através do desenvolvimento prático de um dispositivo de testes de produto, jiga de testes, de modo a possibilitar testes de validação da solução proposta.

## 1.8 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Para que se tenha uma visão clara e objetiva deste trabalho, o conteúdo do mesmo foi organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 1:** Apresenta as definições do projeto, tais como: tema, problema, justificativa, delimitações, objetivo geral, objetivos específicos, proposta da solução e metodologia do trabalho;
- **Capítulo 2:** Apresenta a fundamentação teórica, os conceitos, bem como as informações que sustentam o desenvolvimento do projeto;
- **Capítulo 3:** Descreve o desenvolvimento do projeto, desde sua especificação até sua finalização, focando no princípio do funcionamento das partes que o compõem, como também uma explicação básica funcionamento do *hardware* e *software* desenvolvido;
- **Capítulo 4:** Descreve o funcionamento da jiga de testes com foco na validação funcional do produto, bem como os resultados encontrados ao término do desenvolvimento;
- **Capítulo 5:** Após uma visão geral do presente trabalho, apresentam-se as conclusões dos resultados finais obtidos com a solução proposta.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, será apresentada a fundamentação teórica em que se baseia este trabalho. Inicialmente, será abordada a estrutura de manufatura da fábrica de produtos da Intelbras, empresa onde o estudo foi viabilizado. Posteriormente, serão abordadas melhorias realizadas com as boas práticas de gestão produtiva, as vantagens em buscá-las e as formas de implantação. Por fim, os conceitos de um equipamento de videomonitoramento que é parte chave do estudo.

### **2.1 ESTRUTURA DO PROCESSO PRODUTIVO**

A base de toda estrutura de processo produtivo possui os mesmos princípios e objetivos, realizar um processo com a maior eficiência possível e garantir a qualidade do produto produzido. Estes princípios têm como base o Sistema Toyota de Produção que tem como principal objetivo o aumento da produtividade e da eficiência, evitando o desperdício no decorrer do processo. Para Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção possibilita a flexibilidade das empresas, tornando seus processos mais dinâmicos, permitindo a redução de tempos de processo, gerando novos produtos em um tempo muito menor.

A estrutura do processo produtivo da fábrica da Intelbras segue os moldes similares de etapas de produção das demais empresas do setor, ou seja, a estrutura básica de empresas do setor é a mesma, o que as difere são os recursos disponíveis e o seu nível de conhecimento em processos de manufatura, este fato é comprovado pela equipe de engenharia de produção da empresa que realiza, de forma periódica, visitas técnicas às empresas do mesmo setor de atuação. Neste tópico, serão apresentadas as principais etapas do processo de fabricação de um dos produtos produzidos pela empresa, um sistema de videomonitoramento, realizando uma breve explanação de cada processo, desde a montagem do circuito eletrônico até sua validação, através dos testes em linha de produção.

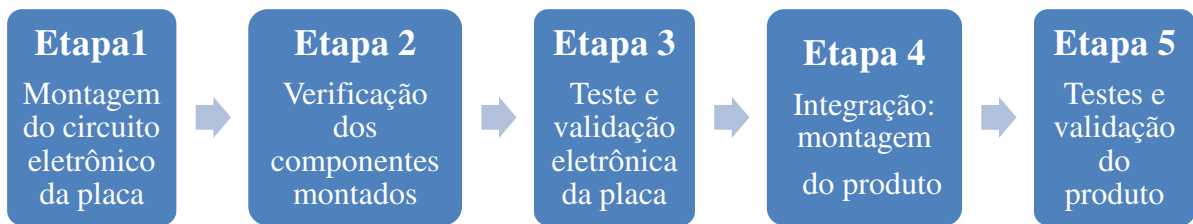
#### **2.1.1 Etapas da linha de produção**

A estrutura da atual linha de produção da empresa segue um fluxo de processo largamente estudado pela equipe de engenharia de processos da empresa, em que o mesmo fluxo de produção é adotado por todas as linhas de produtos produzidos por esta fábrica, sendo essa estrutura utilizada como base na manufatura de produtos, criada com base em

visitas técnicas e troca de conhecimentos entre a equipe de engenharia de processos da empresa do estudo e outras empresas do mesmo segmento.

As etapas do processo de manufatura da empresa são realizadas, individualmente, para cada modelo de produto produzido na manufatura da empresa, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Etapas do processo produtivo



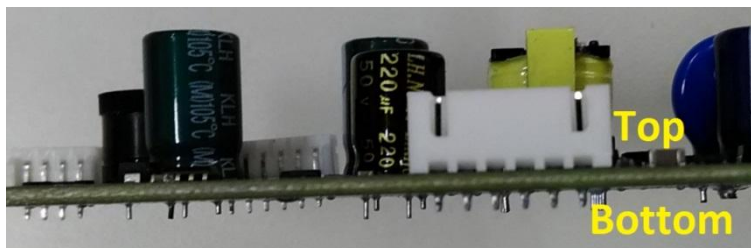
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

#### 2.1.1.1 Montagem de placas

Esse processo é dividido em duas etapas: Montagem SMT - *Surface Mount Technology* e Montagem PTH - *Pin Through Hole*. São nestas etapas que os componentes eletrônicos são fixados e soldados na placa eletrônica. A integração dos componentes eletrônicos à placa de circuito impresso (PCI) é realizada através de máquinas automáticas, no caso da montagem SMT e pela inserção manual de componentes PTH.

A primeira etapa realizada é a montagem dos componentes SMTs, sendo esta etapa composta por dois processos: Montagem *Top*, lado superior da placa, e Montagem *Bottom*, lado inferior da placa.

Figura 4 – Lados da PCI



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

- Montagem SMT (lado Top) – Nesta etapa, é aplicada pasta de solda onde os componentes deverão ser soldados, a máquina automática realiza a inserção dos



componentes e, na sequência, a placa passa por uma máquina que faz a refusão da pasta de solda, soldando assim os componentes.

- Montagem SMT (lado *Bottom*) – Nesta etapa, os componentes SMT são colados na placa através da aplicação de um adesivo, a solda dos componentes é realizada, posteriormente, na etapa de montagem PTH.

Figura 5 – Componente SMT



Fonte: Lima (2010, p. 394).

Na etapa da montagem PTH, os componentes são inseridos manualmente através de furos existentes na PCI. Após a inserção dos componentes, a placa passa, através de uma esteira, pela máquina de solda de dupla onda onde os componentes são soldados com solda a base de estanho. A máquina de solda realiza a soldagem da parte de inferior da PCI, contemplando os terminais dos componentes PTHs e os componentes SMTs montados do lado *Bottom*.

Figura 6 – Componente PTH



Fonte: Lima (2010, p. 394).

Após a finalização do processo de integração dos componentes eletrônicos à placa de circuito impresso, é conduzida à próxima etapa do processo produtivo: Verificação dos componentes montados.

### 2.1.1.2 Verificação dos componentes montados

Esta etapa é um complemento da montagem de placas. Trata-se do processo de validação da montagem de componentes em que um operador utiliza um dispositivo, conhecido como *Test in Circuit*, que verifica se todos os componentes foram realmente montados e se o valor deles está correto. Esta validação é realizada através de uma leitura de parâmetros de medidas elétricas (resistência, capacitância, indutância e tensão) sobre cada componente montado. Em caso de alguma divergência na montagem, o dispositivo emite um relatório, informando a medida que está fora dos limites aceitáveis, e qual o componente que está com defeito, indicando sua localização na placa. Através deste relatório, o departamento de manutenção consegue, de forma rápida, realizar o devido conserto da placa.

Passando por esta etapa de validação, ou seja, estando a placa aprovada, ela é encaminhada ao processo seguinte: Validação eletrônica da placa.

### 2.1.1.3 Validação eletrônica das placas

Este é o setor responsável pela validação elétrica do circuito eletrônico da placa. Esta etapa conta com um dispositivo de testes que realiza, de forma automática, as seguintes etapas:

- validação elétrica da fonte da placa – realiza a alimentação da placa, através da rede elétrica, e valida o circuito da fonte interna da placa, realizando as medições de tensões do circuito eletrônico de acordo com os parâmetros definidos para cada modelo de produto;
- gravação do *firmware* – grava o *firmware* do produto;
- validação do *firmware* – realiza um teste básico de forma a garantir que o *firmware* foi gravado.

Esta etapa conta com uma interface que permite que o operador visualize sua sequência de testes e validação através de um painel digital (*display*) onde são apresentados os resultados dos testes. Após esta etapa, a placa montada é encaminhada ao setor de integração do produto.

#### 2.1.1.4 Integração do produto

Esta etapa do processo produtivo realiza a integração da placa, já validada, com as demais partes que compõem o produto como partes plásticas e demais itens elétricos, ou seja, é a etapa que realiza a montagem final do produto. Este processo é muito importante, pois é ele que dispõe do maior percentual gasto no processo de montagem de um produto, bem como onde se dispõem de um número maior de pessoas da produção. Após a montagem, o produto, é encaminhado à etapa de validação de produto que é parte integrante deste processo produtivo.

#### 2.1.1.5 Testes e validação do produto

Esta é uma etapa que também utiliza uma jiga de testes para validar as principais funções do produto. É uma das principais etapas do processo pois é o último filtro de testes do produto, já que uma falha nesta etapa pode significar um defeito do produto comercializado. Este processo não depende unicamente da jiga de testes para validar seu funcionamento, mas também do conhecimento do operador para validação de funções importantes do produto como:

- avaliação da qualidade de vídeo – o operador deve ser bem capacitado pela equipe de engenharia, para avaliar se a imagem do vídeo do produto possui boa qualidade;
- avaliação da qualidade de áudio – o operador também necessita avaliar a qualidade de áudio do produto;
- avaliação mecânica – o operador, além de avaliar a integração das partes do produto, deve testar algumas facilidades do produto, para validar teclas de acionamento e acionamentos de dispositivos integrados ao produto.

Concluída a etapa de validação do produto, o operador o encaminha para a embalagem para posterior armazenagem.

## 2.2 MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO

A busca por melhorias, em métodos ou meios de produção, deve ser realizada de forma contínua, mesmo quando é possível chegar à conclusão de que o processo produtivo de determinado produto já está funcionando de forma satisfatória e com um custo aceitável, ainda, cabe aos responsáveis, refletir e analisar na busca de novas soluções, pois sempre

existirão novas formas de realizar as mesmas tarefas, sendo que esses novos métodos irão agregar inúmeros benefícios. “Mesmo a melhor das operações produtivas precisará melhorar, porque os concorrentes, também, estão fazendo melhoramentos” (CHAMBERS et al., 2002, p.587).

Diante de um mercado extremamente competitivo, buscar melhorias nos processos de manufatura se tornaram essenciais às empresas nacionais, de forma a garantir sua sustentabilidade econômica perante o mercado competitivo, principalmente o internacional.

### **2.2.1 Benefícios das melhorias no processo produtivo**

Muitos são os benefícios alcançados através das melhorias no processo produtivo, sendo que alguns benefícios podem ser mais importantes que outros, dependendo dos requisitos de mercado de cada produto. “As necessidades e preferências dos consumidores definem a importância dentro da operação” (CHAMBERS et al., 2002, p.597).

A seguir serão tratados alguns dos mais importantes benefícios, que podem ser proporcionados, através das melhorias.

#### **2.2.1.1 Custo**

A redução de custos pode ser considerada como um dos objetivos mais buscados ao se implementar melhorias. Conseguir reduzir custo mantendo a qualidade é algo buscado constantemente por quem está envolvido na manufatura de produtos.

Segundo Slack(1993), o custo é essencial para a manufatura, pois de qualquer forma causará um impacto direto no resultado financeiro da empresa, a influência da redução de custos é imediata e direta. O processo produtivo é identificado na consciência corporativa, como um dos responsáveis diretos e que influenciam de forma significativa nos custos.

#### **2.2.1.2 Qualidade**

Conforme Montgomery (2012, p. 1):

A qualidade tornou-se um dos mais importantes fatores de decisão dos consumidores na seleção de produtos e serviços que competem entre si. O fenômeno é geral, independente do fato de o consumidor ser um indivíduo, uma organização industrial, uma loja de varejo, ou um programa militar de defesa. Consequentemente, compreender e melhorar a qualidade é um fator-chave que conduz ao sucesso, crescimento e a uma melhor posição de competitividade de um negócio.

Conforme citado acima, a qualidade é largamente buscada como melhoria, pois é fator determinante para escolha de um produto pelo usuário final. A equipe engenharia está diretamente relacionada a esta etapa, pois medidas podem ser tomadas, tanto durante o desenvolvimento do produto, quanto no processo produtivo, de forma a garantir ao máximo a qualidade, evitando erros no processo de fabricação e fazendo com que o produto mantenha a qualidade esperada.

#### 2.2.1.3 Produtividade

No processo produtivo, é necessário que as etapas de fabricação sejam ágeis e eficazes, gerando dessa forma uma maior produtividade, podendo refletir inclusive na satisfação do consumidor, pois aumenta as chances de certo produto estar disponível no estoque, com a mesma qualidade no processo de fabricação e também do produto. Através de melhorias, é possível aumentar a produtividade, fazendo com que certo produto possa ser produzido no menor tempo possível e, conseqüentemente, mais produtos possam ser fabricados em determinada quantidade de tempo. “Para os clientes, essa rapidez possibilita a oportunidade de compra imediata e, para a produção, significa redução de estoques e de riscos de erros [...]” (CUSTODIO, 2015, p.55).

#### 2.2.1.4 Flexibilidade

Em um processo de manufatura é imprescindível que os processos de produção sejam flexíveis, permitindo que, quando ocorra alguma parada para manutenção ou defeito de algum equipamento da operação, a linha de produção permaneça produzindo mesmo que em volumes inferiores ao processo produtivo normal. As melhorias de processo produtivo possibilitam que determinadas etapas sejam mais flexíveis, de forma a contribuir para a melhor eficácia e dinamismo da manufatura.

Segundo Slack (1993), o processo de fabricação precisa ser flexível, pois o sistema está sujeito a variações e incertezas, sendo que o nível correto de flexibilidade permite que determinada operação não pare, mesmo com essas condições.

## 2.2.2 Implantação de melhorias

A implantação de melhorias na manufatura de uma fábrica traz não só benefícios às empresas, como também, maior estabilidade perante o mercado concorrente.

Para Slack (1993, p.13):

Uma função de uma manufatura saudável dá à empresa a força para suportar o ataque da concorrência, dá vigor para manter um melhoramento uniforme no desempenho competitivo e, talvez o mais importante, proporciona a versatilidade operacional que pode responder aos mercados crescentemente voláteis e aos concorrentes.

Na busca por melhorias, inúmeras filosofias podem ser seguidas, dentre as quais podemos citar como uma das mais conhecidas e utilizadas em diversas empresas, o *kaizen*.

Para Costa Junior (2012, p.27):

*Kaizen* é uma palavra de origem japonesa que significa “mudança” (kai) e bom/para melhor (zen), ou seja, indica melhores mudanças [...] Podemos ainda definir *Kaizen* como um processo de aprimoramento contínuo, que consiste na busca de melhorias pela inovação dos processos produtivos, dos métodos, dos produtos, das regras e dos procedimentos. Nesse sentido o *kaizen* procura eliminar todos os problemas de uma organização através da identificação dos potenciais de melhoria [...]

Segundo Ortiz (2010), o *kaizen* também defende a ideia de que os gestores ou os responsáveis diretos pelo processo produtivo não são os únicos responsáveis pela busca de melhorias, eles até podem se envolver mais do que os demais funcionários e propor mais melhorias, mas qualquer área da empresa, até mesmo as que não estão ligadas diretamente a área produtiva, podem contribuir sugerindo melhorias. A ideia é que toda a empresa esteja engajada, sendo que a própria filosofia não apenas encoraja os colaboradores, mas também estimulam que melhorias sejam propostas. Ainda, seguindo a filosofia *kaizen*, é comum também que as empresas que utilizam o *kaizen* conscientizem seus funcionários de que uma melhoria, por mais simples que ela seja, pode ser importante para a empresa ou até mesmo para o próprio funcionário que pode, através de melhorias, transformar seu posto de trabalho em um local mais agradável para que execute o seu trabalho. “Não importa se melhoramentos sucessivos são pequenos, o que de fato importa é que, a cada mês (ou semana, ou trimestre, ou qualquer que seja o período adequado), algum melhoramento tenha de fato acontecido” (CHAMBERS *et al.*, 2002, p.603).

Com o *kaizen*, algumas atitudes devem ser praticadas pelos funcionários, como a abertura a mudanças. Segundo Costa Junior (2012), é necessário quebrar paradigmas, sendo que uma das formas é esquecendo a forma de que certo processo é feito atualmente, assim é possível encontrar, de forma mais fácil, melhorias para certo processo ou soluções para

resolver determinado problema. É necessário não se deixar levar pela acomodação, abandonando as ideias fixas e sempre se questionar se o processo atual está atendendo as necessidades da organização.

Diversas podem ser as formas de se incentivar os funcionários a buscar melhorias, é possível colocar metas de quantidade de melhorias a serem propostas por funcionário em um determinado período, é possível, também, criar sistemas em que o responsável de implementar a melhoria já receba pelo próprio sistema, a notificação de que uma melhoria foi proposta, entre outras. Para Costa Junior (2012), a base central do *kaizen* é o sistema de sugestões e por esse motivo, a empresa deve motivar e assegurar que todos os funcionários participem e incluam sugestões. Esse sistema deve ser dinâmico e fácil de ser utilizado, sendo que os funcionários devem perceber que suas sugestões foram analisadas quanto a sua viabilidade.

Um dos focos, na busca por melhoria, tanto na filosofia *kaizen* quanto em outros sistemas que envolvem melhorias é a automatização, que consiste em eliminar ao máximo a interferência humana em um processo produtivo, com o objetivo de alcançar inúmeros benefícios, como, por exemplo, redução de custo e uma melhor eficiência. Segundo Chambers et al.(2002), é possível considerar dois benefícios como os principais, a economia no custo de mão de obra e a redução na variabilidade no processo produtivo, sendo que a automatização tende a ser justificada com base no primeiro, mas o último é, normalmente, o que acaba sendo o mais significativo.

Para Slack (1993), a redução de custo pode ser gerada a partir da diminuição do tempo utilizado para se fabricar certo produto e, também, da redução do número de pessoas ou postos de trabalho, porém, quando este é o objetivo da automatização, é necessário avaliar se para o tipo de mão de obra a se automatizar, outros pontos não serão prejudicados, avaliando se a automatização irá desempenhar a tarefa com a mesma qualidade de uma pessoa, se as manutenções no equipamento não irão gerar atrasos na fabricação de certo produto, entre outros cuidados. Quanto à redução da variabilidade, esta permite que a manufatura ofereça de maneira sistemática produtos com características e qualidade constantes, tornando o resultado mais previsível. Essa redução acontece pois, com o sistema automatizado, determinada etapa durante o processo produtivo, ocorre rigorosamente igual para todos os produtos, diferentemente, de quando esta ação é feita por um processo que não é automatizado, em que um produto pode ser produzido de certa forma e o próximo produto a ser produzido pode ser produzido de forma um pouco diferente.

Quando algum processo está sendo automatizado, não significa que este processo não terá interferência humana, o grau de automatização dependerá de diversos fatores, como a sensibilidade do produto em relação ao custo, ou seja, para produtos de alto valor agregado alguns produtos que precisam ser de baixo custo, os investimentos em automatização tornam-se viáveis, esse fator é tão importante que é necessário ter o seu processo produtivo, quase ou todo automatizado, a fim de se buscar redução de custo. Por outro lado, em produtos de baixo valor agregado, os investimentos em dispositivos automatizados podem tornar a operação de manufatura inviável devido aos altos custos de investimento. Desta forma, manter uma estrutura de manufatura manual, ou com investimentos pontuais em automatização, torna-se mais viável para a empresa. Outro fator importante para o grau de automatização tem relação com a qualidade, podem existir casos em que a automatização não consegue realizar determinada atividade com tanta qualidade, como uma pessoa consegue realizar. Para Slack(1993, p. 118), “Nenhuma tecnologia é completamente independente. Toda fábrica e equipamento precisa de alguma forma de intervenção humana, pelo menos em parte do tempo.”

Uma das etapas do processo produtivo em que se busca cada vez mais a automatização é o teste final ou validação final do produto, onde se busca simular as possíveis ações a serem realizadas pelo usuário final, ou seja, testar as funções do produto. A automatização desse processo visa auxiliar o operador a testar e validar as funcionalidades, de forma mais prática e produtiva, facilitando as conexões a serem realizadas para o funcionamento do produto e sinalizando os resultados dos testes, reduzindo dessa forma o tempo de fabricação, mantendo a qualidade do produto.

Segundo Slack (1993), uma forma de melhorar o processo produtivo, e que pode ser consequência da automatização é a integração de etapas anteriormente separadas. Equipamentos cada vez mais sofisticados e automatizados possibilitam reunir em uma única etapa, ações que antes eram realizadas em duas ou mais etapas, fazendo com que se reduza a quantidade necessária de operadores durante o processo produtivo, ganhando em produtividade e custo de produção.

## 2.3 SISTEMA DE VIDEOMONITORAMENTO

Uma das mais antigas e importantes necessidades do ser humano é a segurança. Durante séculos, o ser humano procurou locais seguros para viver com sua família, prevenindo-se de ataques de animais ou mesmo de outras pessoas. Nos tempos atuais, não é



diferente, porém a insegurança perante os homens é maior. Vivemos em um mundo onde a criminalidade está tamanha que temos que utilizar todos os recursos possíveis para manter nossas famílias seguras. Segundo uma das principais revistas sobre segurança no Brasil, a revista *Security Brasil*, um dos tipos mais comuns de violência está relacionado a invasões residenciais e em condomínios, e este é um tipo de crime que cresce anualmente.

Um dos dispositivos que é costumeiramente utilizado em residências para segurança residencial é o sistema de vídeo monitoramento. Este tipo de sistema é composto por diversos tipos de equipamentos, dentre eles, o videoporteiro, que é o produto abordado neste trabalho e que é um modelo de produto que terá seu funcionamento validado pela jiga de testes proposta neste trabalho.

### **2.3.1 Sistema de videoportaria**

O videoporteiro é um dispositivo eletrônico que permite a comunicação audiovisual com um visitante e a abertura segura de acesso à residência, ou seja, além da comodidade de comunicação do interior de uma residência com o visitante, ele permite a visualização através de uma câmera disposta no produto, dando acesso apenas após reconhecimento do visitante. Em pesquisas realizadas pela empresa citada neste estudo, revelam que, em se tratando de segurança e/ou facilidade, este é o primeiro produto a ser adquirido pelo mercado consumidor.

O dispositivo abordado neste trabalho é um dos modelos da linha de videoporteiros da Intelbras, empresa Catarinense que é líder no segmento de segurança eletrônica do Brasil. Para melhor compreender o propósito do desenvolvimento do projeto deste trabalho, este tópico irá descrever as facilidades e características do videoporteiro desenvolvido por esta empresa, percorrendo sobre as facilidades de comunicação, segurança e instalação. O videoporteiro eletrônico é constituído por dois módulos: módulo interno e o módulo externo. A Figura 7 demonstra os módulos que compõem o videoporteiro.

Figura 7 - Videoporteiro



Fonte: Manual do produto, 2018.

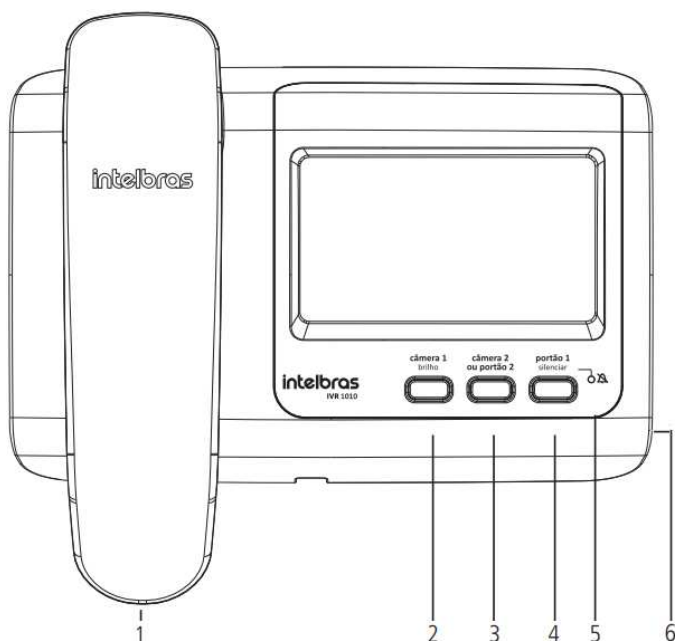
#### 2.3.1.1 Módulo interno

O módulo interno é a parte do dispositivo que é instalada no interior da residência, ele possui comunicação audível através de monofone<sup>4</sup> e comunicação visual através da tela. Possui, ainda, um teclado que permite a abertura de portões ou acionamento de uma câmera adicional ao sistema. Possui uma chave de seleção para ajuste de volume de campainha e um conector que permite a comunicação a quatro fios com o módulo externo e com as extensões do sistema.

---

<sup>4</sup> Parte de um aparelho em que o transmissor e o receptor estão na mesma peça utilizada para comunicação.

Figura 8 - Módulo interno (visão frontal)



Fonte: Manual do produto, 2018.

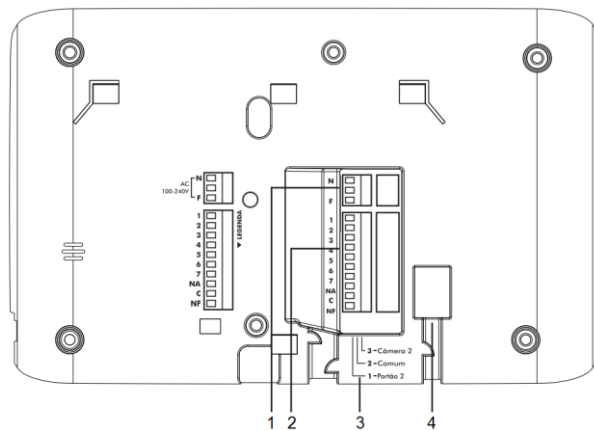
1. Monofone
2. Tecla Câmera 1 / Brilho (câmera 1)
3. Tecla Câmera 2 ou Portão 2 / Brilho (câmera 2)
4. Tecla Portão 1 / Silenciar
5. LED Silenciar

Este dispositivo, módulo interno, permite a comunicação e gerenciamento dos periféricos instalados, através das três teclas do monitor. Sua comunicação é realizada através de monofone (1) que permite a comunicação bidirecional, via áudio, da transmissão e recepção. A tecla Câmera 1/Brilho (2) permite que o usuário acesse à câmera principal do dispositivo para visualização do ambiente externo e ajuste do brilho da câmera. A tecla Câmera 2 ou Portão 2 (3) permite a visualização de uma câmera adicional ou a abertura de portão de garagem, quando instalados, ou seja, o usuário pode optar pela instalação de uma câmera adicional ou um portão de garagem.

A terceira tecla, Portão 1/Silenciar (4) permite o acionamento de uma fechadura elétrica instalada no portal social da residência e, também, é utilizada para habilitar a função “Silenciar” do dispositivo. A função “Silenciar” permite que, durante um período de 12 horas, a campainha do dispositivo fique desabilitada.

As conexões do dispositivo são realizadas através de cabo elétrico e serão abordadas a seguir.

Figura 9 - Módulo interno (visão traseira)



Fonte: Manual do produto, 2018.

1. Conector da rede elétrica (110/220 Vac);
2. Conector de conexões para instalação;
3. Conector de Seleção (câmera 2 ou portão 2);
4. Conector monofone.

Este videoporteiro realiza a comunicação entre os módulos interno e externo através de quatro fios. A alimentação do sistema é realizada no conector de rede AC (1), sendo que a alimentação da rede pode variar entre 100Vac e 240Vac.

As conexões entre o módulo interno e externo e conexões com periféricos (câmera adicional e portão de garagem) são realizadas através do conector de conexões (2). Como não é possível realizar a instalação, simultânea, de uma câmera adicional e um portão de garagem, existe um conector de seleção onde o usuário pode selecionar o tipo de periférico instalado. Quando o conector estiver na posição 1-2, significa que o usuário optou pela instalação do portão de garagem. Quando na posição 2-3, a opção câmera adicional foi selecionada. O ponto 4 refere-se à conexão do cabo do monofone.

### 2.3.1.2 Módulo externo

O módulo externo realiza a interface de comunicação com o visitante. Assim como o módulo interno, ele possui comunicação bidirecional que, através de seu microfone <sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Dispositivo que converte o som em sinal elétrico.

e alto-falante <sup>6</sup>, permite a comunicação de áudio com o interior da residência. A câmera acoplada ao dispositivo permite a visualização do visitante.

Figura 10 - Módulo externo (visão frontal)



Fonte: Manual do produto, 2018.

1. Microfone
2. Câmera
3. LEDs infravermelhos
4. Tecla Chamada
5. Alto-falante

Para iniciar a comunicação com o ambiente interno da residência, a visitante precisa pressionar a tecla Chamada (4). Ao ser pressionada a campainha do módulo interno irá soar e, se o usuário interno optar pelo atendimento, inicia-se a comunicação com o ambiente externo.

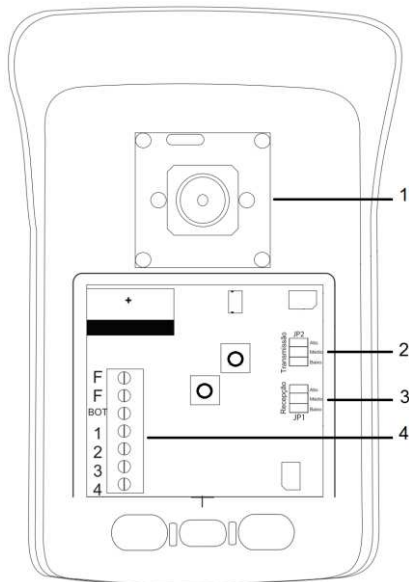
O microfone (1) e o alto-falante (5) permitem que o visitante realize a comunicação de áudio com o operador do módulo interno. Já, a câmera (2) permite que o visitante seja reconhecido mesmo em ambientes com baixa luminosidade, pois possui, na câmera LEDs infravermelhos que permitem a visão noturna.

---

<sup>6</sup> Dispositivo que converte o sinal elétrico em som.

A visão interna do módulo externo, sem a tampa frontal, permite visualizar as demais facilidades do produto.

Figura 11 - Módulo externo (visão interna)



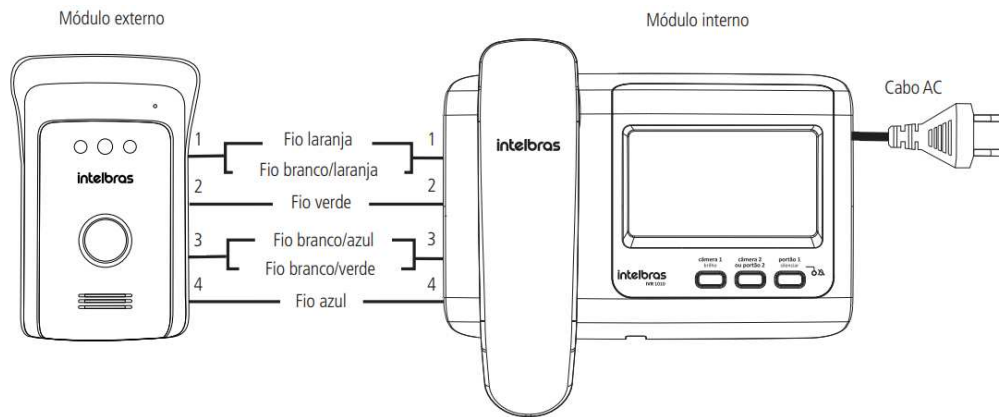
Fonte: Manual do produto, 2018.

1. Câmera
2. Conector de ajuste de volume de transmissão
3. Conector de ajuste de volume de recepção
4. Conector de conexões para instalação

O módulo externo, ainda, permite que sejam realizados ajustes de volume de comunicação da transmissão (2) e recepção (3), através de configurações, via conectores de seleção. Permite ainda, a instalação de uma botoeira que possibilita o acionamento da fechadura do portão social onde este dispositivo, botoeira, poderá ser fixado em ambientes distintos do módulo interno.

As conexões entre os módulos do sistema são realizadas através de quatro fios utilizando cabo de rede UTP, indicado pelo fabricante. A figura abaixo aborda o modo de conexão entre os módulos, sendo que esta instalação não pode ultrapassar os 100 metros de distâncias entre os módulos.

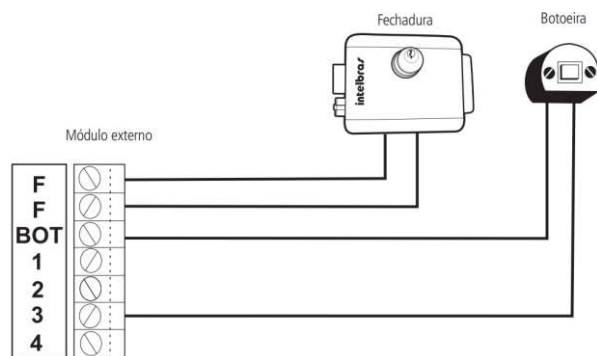
Figura 12 - Instalação entre os módulos



Fonte: Manual do produto, 2018.

Este produto permite a instalação de fechadura elétrica, utilizada para abertura de portas ou de portão social e, ainda, possibilita a instalação de uma Botoeira, utilizada para acionamento da fechadura em ambientes distantes ao produto.

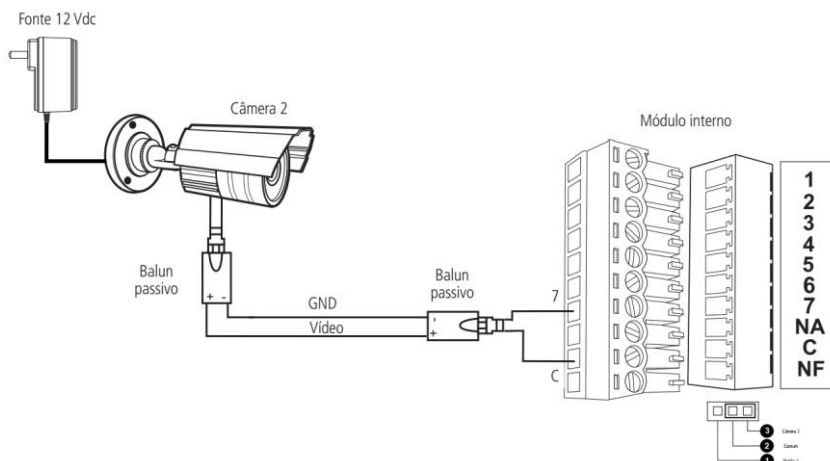
Figura 13 - Instalação de fechadura elétrica e Botoeira



Fonte: Manual do produto, 2018.

Conforme já mencionado, este produto permite a instalação de uma câmera adicional, que permite uma visão de outro ambiente da residência, ou a integração com uma interface de portão de garagem para abertura do mesmo. Não é possível a instalação de ambos os dispositivos. Para que este conflito não seja possível, existe um conector, localizado no módulo interno, onde a função é escolhida, de acordo com a posição do conector de seleção. As figuras, que seguem, representam a instalação destes dispositivos, câmera e portão de garagem, e suas respectivas seleções, de acordo com a posição do conector de seleção.

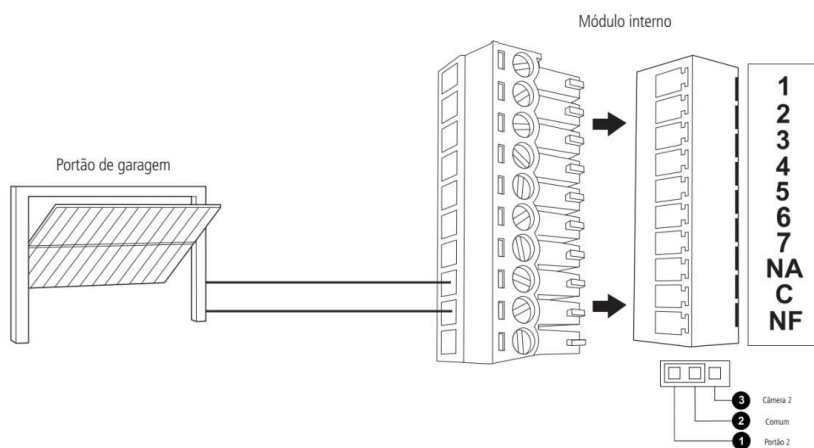
Figura 14 - Instalação de câmera adicional



Fonte: Manual do produto, 2018.

A Figura 15 demonstra a instalação com interface aplicada em um portão de garagem.

Figura 15 - Instalação de portão de garagem



Fonte: Manual do produto, 2018.



### 3 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO PROPOSTA

Este capítulo descreverá a solução proposta para a melhoria do processo produtivo da manufatura, de forma a continuar garantindo a qualidade do produto e proporcionando maior dinamismo ao processo através da redução de etapas da produção e, conseqüentemente, reduzindo os custos de produção.

#### 3.1 ESPECIFICAÇÃO DA JIGA

A especificação pode ser considerada como uma das principais etapas do processo de desenvolvimento de um produto e, para ser assertivo nesta etapa, são necessários alguns retornos de diversas áreas do processo. Conforme Seleme e Paula (2013), o fornecimento de dados (*feedback*) das diferentes áreas, desde o planejamento até o mercado, incluindo o processo de produção em suas fases específicas, permite que a organização se estruture de modo a atender satisfatoriamente às necessidades para a transformação de um produto que atenda às necessidades de seus clientes ou consumidores potenciais.

Para este projeto, várias foram às etapas para se levantar informações, desde a análise da montagem atual, até o recolhimento do *feedback* das áreas que compõem o processo de fabricação do produto. Possuindo essas informações, constatou-se que poderia se desenvolver um dispositivo que realizasse algumas operações de forma automática, sem intervenção do operador, e que proporcionasse a realização de todas as etapas de testes do produto em uma única etapa. Atualmente em linha de produção, os módulos são testados separadamente, existem duas jigas para validação eletrônica da placa, uma para o módulo interno e outra para o módulo externo, e duas jigas para validação do produto, uma para o módulo interno e outra para o módulo externo. Mas para uma nova jiga, de um novo produto que entrará em linha de produção, verificou-se a oportunidade de aplicar a ideia de desenvolver um dispositivo que contemple todas as etapas realizadas nestes dois módulos, que hoje são testes de validação distintos, oportunizando a implantação de um sistema automático de validação e melhorando o processo de manufatura de um produto.

Com a ideia criada o passo seguinte foi dar início à especificação do dispositivo de testes (jiga), que foi separado em duas etapas: Módulo Mecânico, que contempla a estrutura mecânica da jiga e os periféricos pneumáticos utilizados e o Módulo Eletroeletrônico, onde são abordadas a especificação de *software* e a estrutura de *hardware* utilizada. Estes módulos serão descritos nas etapas que seguem.

### 3.1.1 Especificação do Módulo Mecânico

Esta é uma etapa importante do processo de desenvolvimento, uma vez que deve ser avaliada a estrutura mecânica do produto para a devida elaboração do módulo mecânico ideal para o produto, bem como levar em consideração o local onde o dispositivo será instalado, devido às restrições de espaço da linha de produção e as necessidades ergonômicas necessárias para a melhor operação por parte dos operadores deste equipamento.

#### 3.1.1.1 Especificação mecânica solicitada

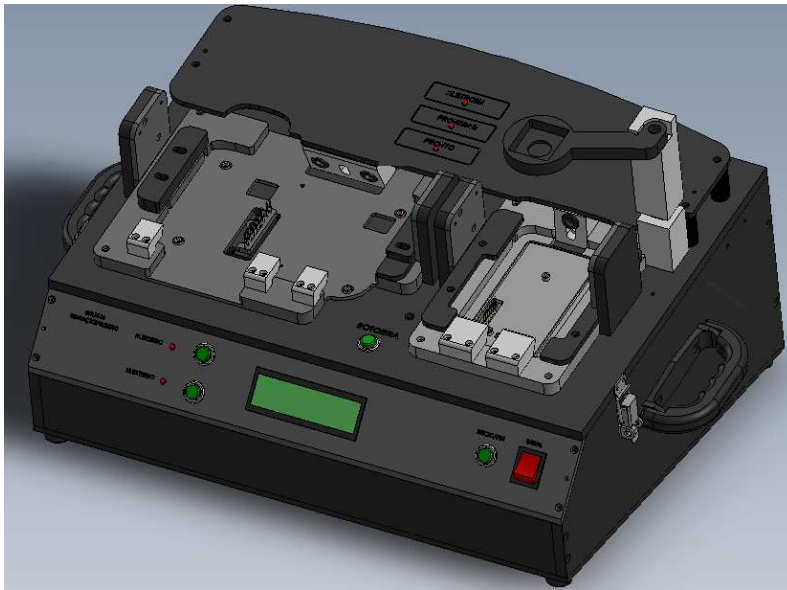
A confecção da estrutura mecânica das jigas de testes, utilizadas pela Intelbras, são realizadas por um terceiro, fornecedor externo, especialista no desenvolvimento de dispositivos mecânicos para manufatura. Como se trata de um fornecedor com *know how* neste tipo de dispositivo, a especificação deste novo equipamento não teve muitas dificuldades.

Com base no levantamento das necessidades da linha de produção, foi realizada uma reunião com o fornecedor e solicitado a construção mecânica da jiga com as seguintes características principais:

- dispositivo de testes que contemple os testes dos dois módulos: interno e externo;
- prever um sistema pneumático para fixação e conexões elétricas de ambos os módulos;
- incluir locais para instalação de sensores infravermelhos de barreira de produto e para controle do acionamento do sistema pneumático;
- painel superior com locais específicos para instalação de LEDs indicativos *status* de teste;
- incluir uma torre de suporte para uma câmera adicional;
- incluir botões de acionamento para escolha individual do módulo a ser testado, botão de acionamento de Botoeira, início/fim do teste e tecla Geral para alimentação AC da jiga;

Com base no que foi solicitado, o terceiro iniciou o projeto do módulo mecânico do dispositivo e disponibilizou o projeto mecânico conforme a Figura 16. Para que o terceiro projete uma jiga que possibilite o correto encaixe do produto, foram disponibilizadas amostras do produto e o projeto mecânico dos mesmos.

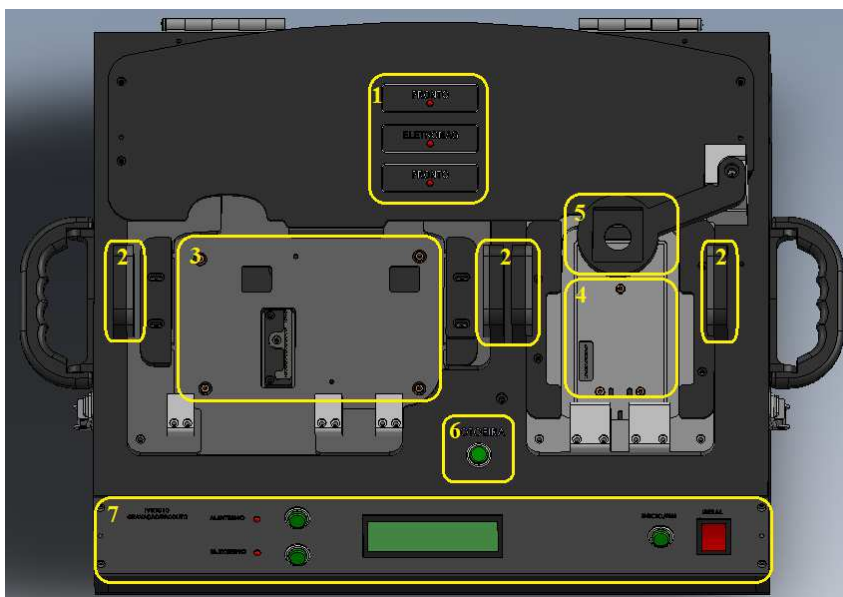
Figura 16 – Projeto mecânico da jiga de testes



Fonte: *Software SolidWorks* terceiro, 2018.

O dispositivo foi previsto para a realização dos testes do videoporteiro, módulo interno e externo, com as devidas previsões de itens periféricos que auxiliam nos testes ou que são necessários para realização completa de testes de validação do produto. Tais itens foram dispostos na jiga de forma a não interferir e atrapalhar os testes realizados pelo operador. Com base nas solicitações, estes itens ficaram dispostos conforme mostra a Figura 17.

Figura 17 – Disposição de itens de operação



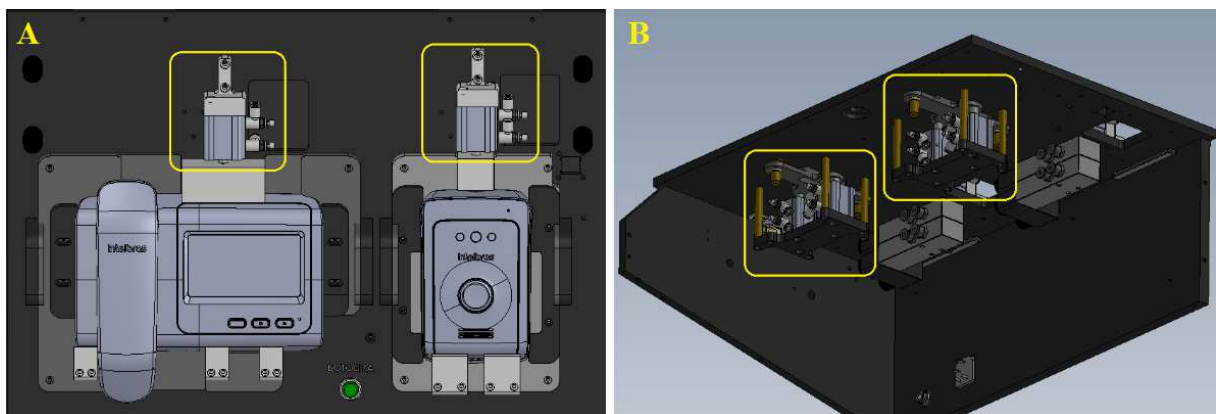
Fonte: *Software SolidWorks* terceiro, 2018.

Os itens que compõe o dispositivo mecânico são:

1. periféricos que apresentam os resultados dos testes sinalizados através de LEDs;
2. torres para instalação dos sensores de barreira para atuação do sistema pneumático;
3. local de fixação do módulo interno;
4. local de fixação do módulo externo;
5. periférico para fixação da câmera adicional de teste;
6. tecla botoeira;
7. itens de sinalização dos testes como display e LEDs, e botões de seleção e/ou ativação;

Um dos principais sistemas implementados nesta jiga de testes é o sistema pneumático. Este sistema foi previsto de forma a dar maior dinamismo nos testes, evitando que o operador gaste tempo no processo com a fixação e acionamentos manuais do dispositivo. Este sistema será acionado de forma automática com o auxílio do circuito de sensores de barreira. O conjunto do sistema pneumático é formado pelo sistema de fixação A e o sistema de conexão B do produto conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 – Conjunto pneumático



Fonte: *Software SolidWorks* terceiro, 2018.

O conjunto A realiza a fixação do produto na jiga de testes, ou seja, é o sistema que mantém os produtos presos, já o conjunto B realiza as conexões elétricas através de agulhas entre os módulos e os circuitos periféricos de testes. Tais circuitos serão abordados no item seguinte a este.

### 3.1.1.2 Resultado mecânico fornecido pelo terceiro

Após a aprovação do projeto mecânico, o fornecedor iniciou a confecção mecânica estrutural do mesmo e, posteriormente, realizou o envio do dispositivo, sendo que o resultado foi de acordo com o esperado, a jiga de testes contemplou todas as solicitações realizadas. Após a aprovação do resultado mecânico, iniciou-se a confecção da estrutura elétrica conforme especificação que será abordada no próximo item. A Figura 19 mostra o resultado do projeto mecânico recebido.

Figura 19 – Resultado mecânico



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

### 3.1.2 Especificação do Módulo eletroeletrônico

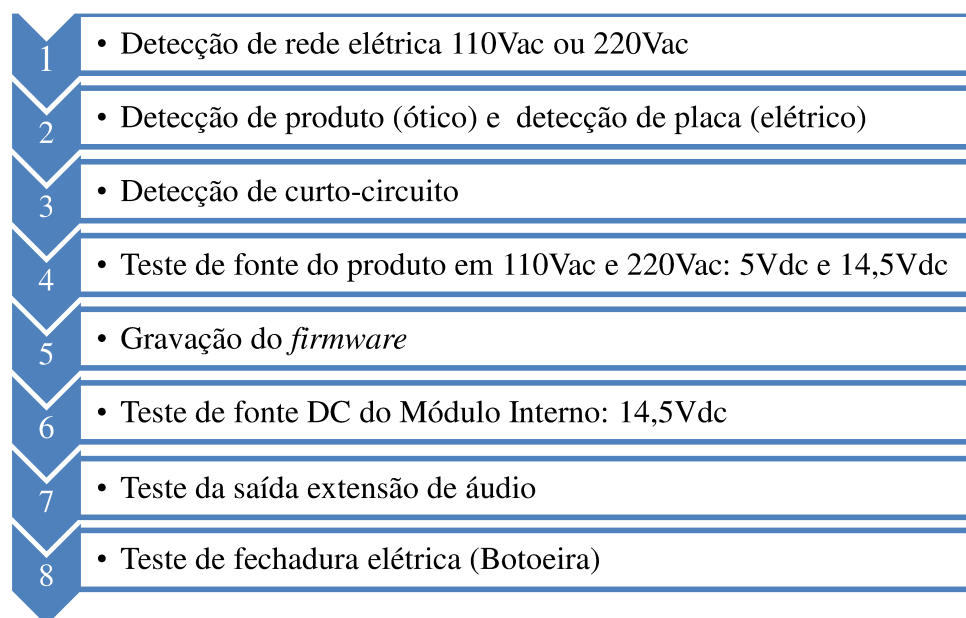
Por se tratar de um desenvolvimento interno, algumas informações deste projeto não serão abordadas de forma completa, apenas serão tratadas de forma macro, como por exemplo, o esquema elétrico de algumas placas utilizadas.

A principal necessidade da linha de produção é a unificação de processos, reduzindo etapas de forma a torná-las mais dinâmicas. Para que isso se tornasse possível foi realizado o desenvolvimento de um dispositivo pneumático que possibilitasse a automação de etapas antes realizadas pelo operador da jiga. Nas jigas atuais em linha de produção, de

produtos similares ao deste trabalho é necessária a intervenção do operador para fixação e inicialização do dispositivo de testes. Com a adoção do sistema pneumático foi possível a implantação de um circuito de controle que realiza estas etapas de forma automática, gerenciado por *software* desenvolvido para este controle, reduzindo o tempo de operação desta etapa. Desta forma, ficou definido que algumas etapas seriam realizadas automaticamente, sendo este processo verificado pelo operador apenas de forma visual através de sinalizações provenientes da jiga, sem sua intervenção manual.

As etapas realizadas automaticamente, que foram julgadas necessárias para garantir a qualidade do produto, são apresentadas na Figura 20.

Figura 20 – Etapas de validação automática



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Para que a etapa automática de testes seja realizada, uma única operação deve ser realizada manualmente, a colocação do produto na jiga. Após o operador colocar o produto no dispositivo de testes, o mesmo realizará a validação dos testes da Figura 20 de forma automática e na ordem descrita.

A especificação de *hardware* foi realizada de forma a propiciar que todos os testes necessários para garantir a qualidade do produto fossem efetuados, as necessidades operacionais do processo de fabricação fossem atendidas de forma mais automatizada e rápida, diminuindo a intervenção do operador.

Muitos dispositivos de testes da empresa são confeccionados de forma a manter um padrão que facilite uma eventual prestação de manutenção, quando ocorre algum defeito.

Para que isto seja possível, existem na empresa algumas placas com circuitos eletrônicos padrões que possibilitam que a maioria das necessidades de testes, de qualquer dispositivo sejam atendidas, estas placas são descritas como Placas Padrão. Para o desenvolvimento do dispositivo proposto, também foram utilizadas estas placas. Por questões internas, os circuitos eletrônicos destas placas não serão abordados por completo, apenas serão abordados, de forma simplificada, circuitos específicos destas placas que exemplificam o funcionamento de cada etapa do processo de testes da jiga. Placas que foram desenvolvidas especificamente para esta jiga serão abordadas de forma completa, estas serão descritas como Placas Auxiliares.

De acordo com a avaliação dos pontos citados e de forma a complementar a especificação mecânica, a especificação elétrica do novo dispositivo de testes contemplará:

- circuito de alimentação que contemple os testes de rede elétrica 110Vac e 220Vac de forma automática;
- sistema pneumático com acionamento automático através de sensores de barreira;
- circuito de gravação do firmware do produto;
- circuito de avaliação das tensões da fonte de alimentação do produto;
- circuito de alimentação dc do sistema;
- circuito que informe ao operador o transcorrer dos testes e sua validação;
- circuito para validação do teste de extensão de áudio;
- circuito para validação de fechadura elétrica;
- circuito para validação de câmera adicional.

#### 3.1.2.1 Circuitos eletrônicos da jiga de testes

Com base na especificação elétrica do dispositivo, foi realizada uma análise de quais placas padrão seriam utilizadas para que a nova jiga de testes funcionasse de acordo com o esperado. A maior parte dos circuitos necessários teve seu funcionamento possibilitado com a utilização das Placas Padrão, porém, alguns circuitos específicos não puderam utilizar destas placas, desta forma, foram desenvolvidas as Placas Auxiliares. As placas auxiliares contemplam alguns circuitos simples como a distribuição DC ao sistema, circuito de validação da extensão de áudio do produto e circuitos de controle de corrente para acionamento dos LEDs do dispositivo.

Após a análise, verificou-se a necessidade das seguintes placas:

- 1 placa principal (Placa Padrão);
- 1 placa display (Placa Padrão);

- 1 placa gravadora (Placa Padrão);
- 3 placas rele (Placa Padrão);
- 2 placas sensor (Placa Padrão);
- 3 placas fonte DC (Placa Padrão);
- 1 placa de gerenciamento AC do sistema (Placa Padrão);
- 1 placa de distribuição DC e dados (Placa Auxiliar);
- 1 placa simulador de extensão EA / Circuito Fechadura / Sensor de presença (Placa Auxiliar);
- 1 placa de Identificação e controle da entrada AC (Placa Auxiliar);
- 1 placa de controle dos sensores óticos (Placa Auxiliar);
- 1 placa de circuito de distribuição DC pneumático (Placa Auxiliar);

Os itens abaixo apresentarão as placas utilizadas. No que se refere às placas padrão, não será realizada uma abordagem completa de seu circuito, pois são dispositivos elaborados internamente pela empresa, sendo assim, a abordagem será feita de forma simples apresentando o circuito eletrônico simplificado. Já para as placas auxiliares, a abordagem será mais detalhada.

#### *3.1.2.1.1 Placa principal*

É a CPU da jiga, pois controla as demais placas do barramento e contém o *software* de controle desenvolvido para a jiga de testes. Realiza todo controle dos testes realizados para validação do produto. A comunicação com os demais dispositivos é realizada via serial RS485.



Figura 21 – Placa Padrão: Placa principal



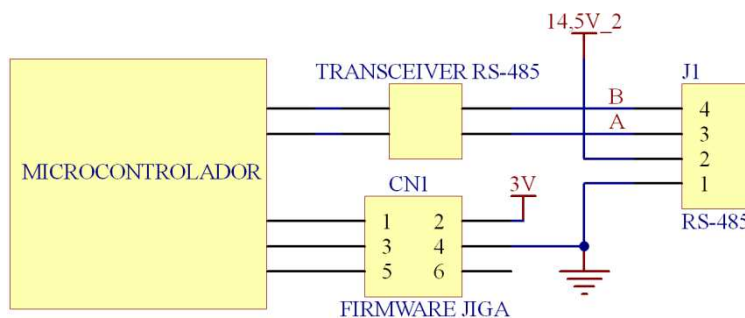
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Abaixo são descritas as posições e as funções de cada conector utilizado na placa principal:

- J1 – Serial: Barramento de alimentação e dados da jiga;
- CN1 – Conector de carregamento do *firmware* da jiga;

Na Figura 22, o esquema elétrico simplificado da placa principal.

Figura 22 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa principal



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do Esquema Elétrico da Jiga de Testes.

### 3.1.2.1.2 Placa display

Realiza a interface de comunicação entre a placa principal e o operador da jiga através de informações do *status* dos testes enviados para um display que é conectado nesta placa.

Através desta placa também é realizada a interface com os botões utilizados pelo operador para definições de testes e operação, como teclas para seleção do módulo a ser testado, tecla de acionamento de fechadura e também, o display que apresenta ao operador o *status* do teste da jiga, apresentando todas as mensagens relacionadas ao *status* atual do teste e seus devidos resultados, tornando possível ao operador, identificar qual etapa foi aprovada ou não, facilitando assim, a manutenção do produto ao identificar a etapa específica que ocorreu o defeito.

Figura 23 – Placa Padrão: Placa *display*



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

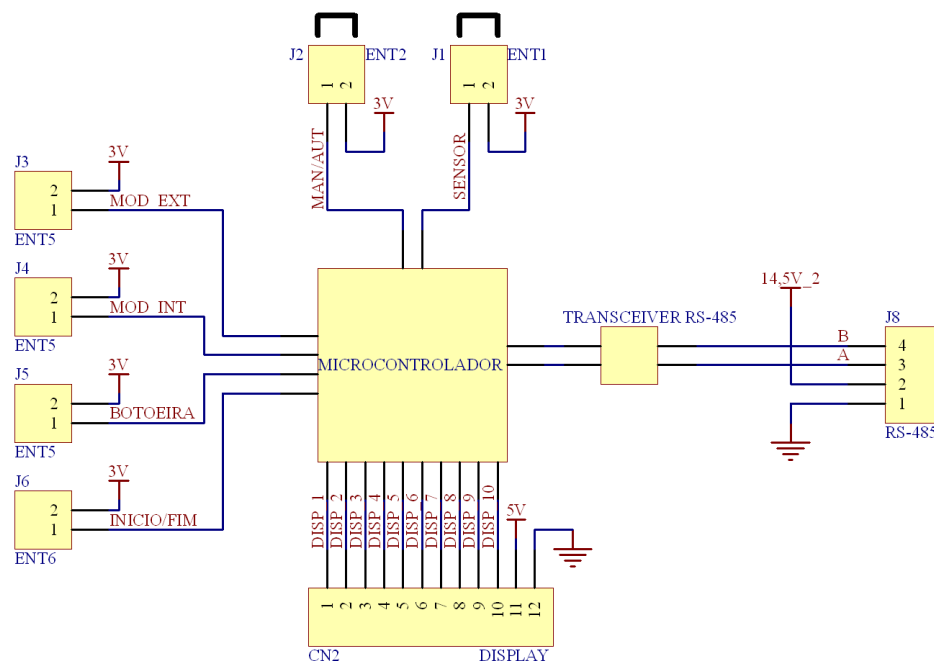
Abaixo são descritas as posições e as funções de cada conector utilizado na placa de *display*:

- J1 – Controle sensor de “mão”: quando o conector de seleção está fechado, os sensores de “mão” estão habilitados. Quando aberto, os sensores de “mão” estão desabilitados;
- J2 – Teste Manual / Automático: Quando o conector de seleção está fechado, está em modo automático, ou seja, a jiga funciona através de ativação e desativação pelos sensores de “mão”. Quando o conector de seleção está aberto, a jiga funcionará em modo manual, ou seja, a inicialização e finalização dos testes serão feitos através da chave Início/Fim. O Modo manual somente será selecionado caso o sistema automático fique inoperante;
- J3 – Seleção módulo externo: conexão da chave seletora do módulo externo. Opção de teste individual do módulo externo. Opção utilizada quando há necessidade de teste individual do módulo externo;

- J4 – Seleção módulo interno: conexão da chave seletora do módulo interno. Opção de teste individual do módulo interno. Opção necessária uma vez que o módulo interno é comercializado individualmente ou quando há necessidade de teste individual;
- J5 – Botoeira: conexão da botoeira;
- J6 – Início/fim: conexão da chave de início e fim de testes, quando em modo manual;
- J8 e J9 – Serial: Barramento de alimentação e dados da jiga;
- CN2 – Display: conexão do *display* da jiga;

Na Figura 24, o esquema elétrico simplificado da placa *display*.

Figura 24 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa *display*



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do Esquema Elétrico da Jiga de Testes.

### 3.1.2.1.3 Placa de gravação do *firmware*

Responsável pela gravação do *firmware* do produto, sendo esta etapa de gravação realizada durante a etapa automática de testes. Para este dispositivo foi necessário à utilização de apenas uma placa já que a gravação é realizada apenas no módulo interno do produto. A

conexão entre esta placa e o circuito do produto é realizada através de uma placa de rele e gerenciada pela placa principal.

Figura 25 – Placa Padrão: Placa de gravação do *firmware*



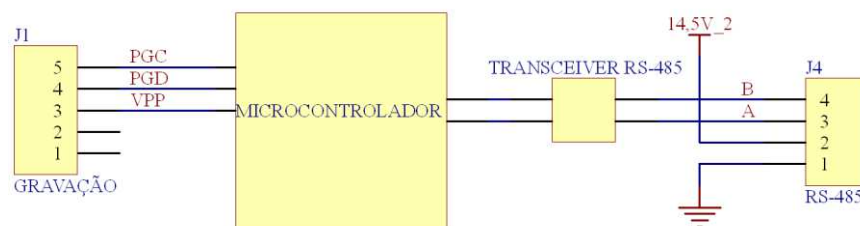
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Abaixo são descritas as posições e as funções de cada conector utilizado na placa de gravação do *firmware*:

- J4 – Serial: Barramento de alimentação e dados da jiga;
- J1 – Gravação do *firmware*: conector que realiza a interface para gravar o *firmware* do produto;

Na Figura 26, o esquema elétrico simplificado da placa de gravação do *firmware*:

Figura 26 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa de gravação do *firmware*



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do Esquema Elétrico da Jiga de Testes.

#### 3.1.2.1.4 Placa de Rele

Foram necessárias três placas de rele para contemplar os circuitos da jiga. Estas placas servem para realizar a interface de comunicação entre os demais circuitos da jiga de

testes. Cada placa de rele possui 8 saídas, sendo que cada saída é capaz de realizar um curto-circuito entre dois pontos ou deixar esses mesmos pontos isolados. Possui também um circuito que possibilita a configuração de seu endereçamento elétrico. Através deste endereço a placa CPU, através de comunicação RS485, identifica o endereço correto de cada placa do barramento.

Figura 27 – Placa Padrão: Placa de rele



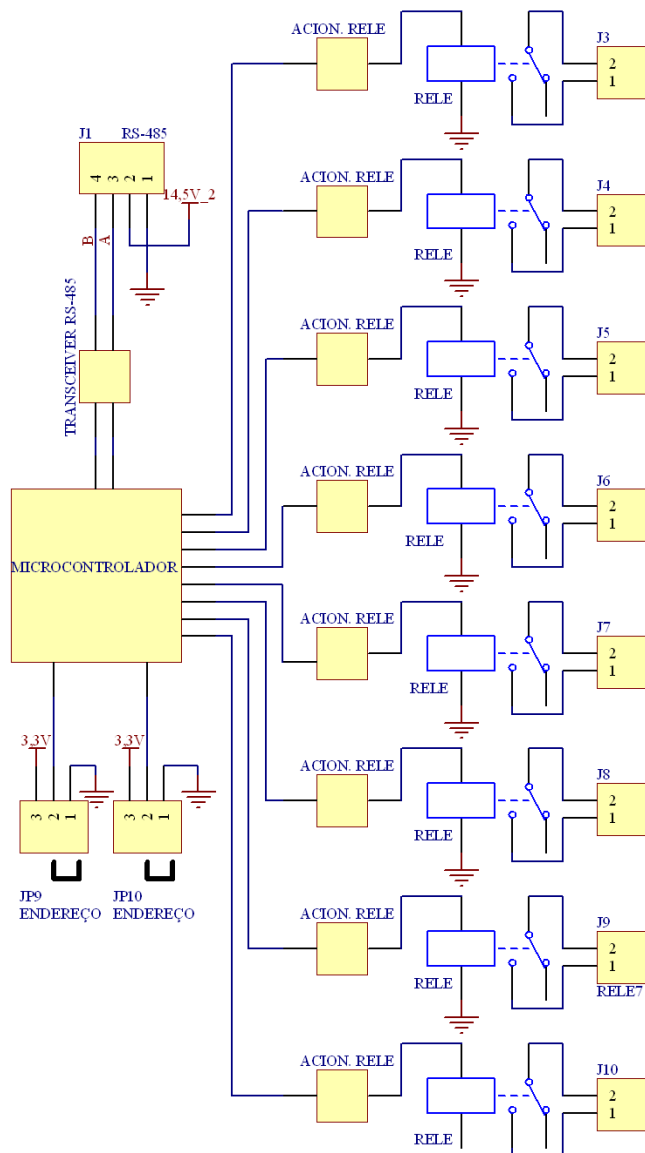
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Abaixo são descritas as posições e as funções de cada conector utilizado na placa de rele:

- J1 – Serial: Barramento de alimentação e dados da jiga;
- J3 até J10 – Saídas relés: são as saídas dos oito relés da placa – saída relé 1 no conector J3 até a saída do relé 8 no conector J10;
- JP9 e JP10 – Endereço: dois conectores de seleção (JP9 e JP10) responsáveis por configurar o endereço desta placa no barramento, definição em binário sendo o JP9 o bit menos significativo e o JP10 o bit mais significativo.

Na Figura 28, o esquema elétrico simplificado da placa de rele:

Figura 28 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa de rele



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do Esquema Elétrico da Jiga de Testes.

As três placas de rele utilizadas na jiga de testes, são apresentadas abaixo de acordo com o endereçamento de barramento e indicando a função de cada saída do rele.

Placa endereço “00” é responsável pelo acionamento do circuito pneumático do sistema e controle de avaliação de curto circuito na fonte do produto:

- saída 1 (J3): Não utiliza;
- saída 2 (J4): Aciona o pneumático de fixação do módulo interno;
- saída 3 (J5): Aciona o pneumático de fixação do módulo externo;

- saída 4 (J6): Não utiliza;
- saída 5 (J7): Aciona o pneumático de conexão das agulhas do módulo interno;
- saída 6 (J8): Aciona o pneumático de conexão das agulhas do módulo externo;
- saída 7 (J9): Gera um reset no circuito de detecção de curto-circuito após a detecção dele;
- saída 8 (J10): Não utiliza;

Placa endereço “01” é responsável pelo controle de acionamento dos reles da alimentação AC do produto, controle da gravação do *firmware* do produto e acionamento de LEDs de indicação:

- saída 1 (J3): Aciona o rele da placa de gerenciamento AC, que controla a geração de alimentação AC (220V) ou DC (127V) para o produto;
- saída 2 (J4): Aciona o rele da placa de gerenciamento AC, que controla a geração de alimentação AC para o produto, quando não ocorre curto-circuito da fonte;
- saída 3 (J5): Sinal utilizado para a gravação do produto (PGC);
- saída 4 (J6): Sinal utilizado para a gravação do produto (PGD);
- saída 5 (J7): Sinal utilizado para a gravação do produto (VPP);
- saída 6 (J8): Aciona o LED “M. INTERNO” quando o modo de teste do módulo interno for selecionado.
- saída 7 (J9): aciona o LED “M. EXTERNO” quando o modo de teste do módulo externo for selecionado.
- saída 8 (J10): aciona o LED “PRONTO” indicando que a gravação do *firmware* do produto foi realizada com êxito e que o operador pode prosseguir com os demais testes do produto;

Placa endereço “02” é responsável pela realização de conexões entre o módulo interno e externo (áudio, vídeo, fonte, GND), acionamento da fechadura através da botoeira, controle de teste da extensão de áudio e acionamento do rele de controle da placa de sensor 110/220Vac:

- saída 1 (J3): Aciona a botoeira quando finaliza a gravação do *firmware* do produto ;
- saída 2 (J4): Aciona o relé da placa de sensor 110/220Vac, estabelecendo a tensão AC que o circuito irá gerar;
- saída 3 (J5): Estabelece conexão do áudio do módulo interno com o módulo externo;
- saída 4 (J6): Estabelece conexão da fonte do módulo interno com o módulo externo;

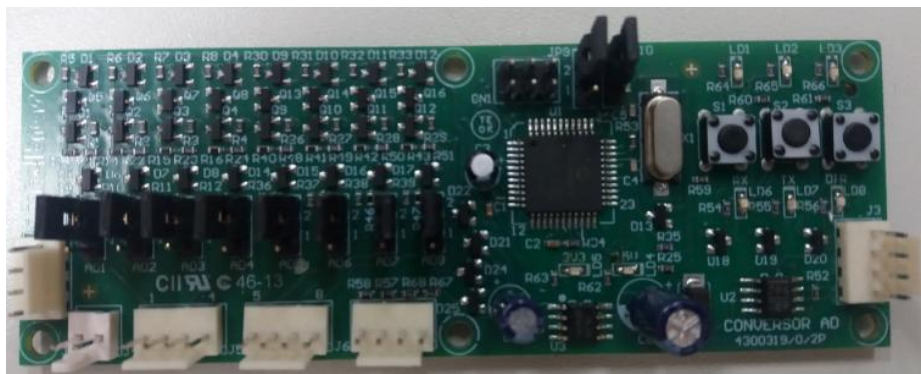


- saída 5 (J7): Estabelece conexão do GND do módulo interno com o módulo externo;
- saída 6 (J8): Responsável pela simulação de campainha da extensão de áudio;
- saída 7 (J9): Estabelece conexão do vídeo do módulo interno com o módulo externo;
- saída 8 (J10): Responsável por colocar uma carga no sistema para simulação de atendimento de extensão de áudio;

#### 3.1.2.1.5 Placa de sensor AD

Possui a função de avaliar os resultados dos testes, bem como realizar a interface com outros circuitos que irão gerar resultados necessários para gerenciamento dos testes da jiga. Sua avaliação é realizada através de um circuito que gerencia o nível lógico das entradas do sensor AD: nível lógico alto ou baixo.

Figura 29 – Placa Padrão: Placa de sensor AD



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

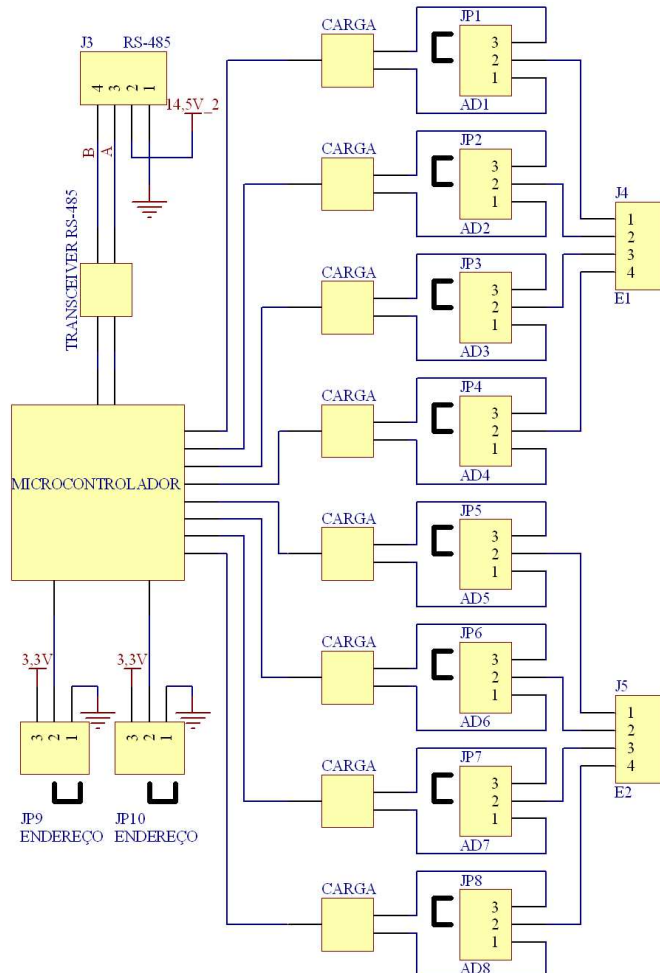
Abaixo são descritas as posições e as funções de cada conector utilizado na placa de sensor AD:

- J3 – Serial: Barramento de alimentação e dados da jiga;
- J4 e J5 – Entradas: São as oito entradas disponíveis nessa placa, sendo quatro entradas no conector J4 e mais quatro entradas no conector J5;
- JP1 até JP8 – Conectores de seleção de escala: Definem a escala de leitura para avaliação das cargas instaladas;
- JP9 e JP10 – Endereço: dois conectores de seleção (JP9 e JP10) responsáveis por configurar o endereço desta placa no barramento, definição em binário sendo o JP9 o bit menos significativo e o JP10 o bit mais significativo;



Na Figura 30, o esquema elétrico simplificado da placa de sensor AD.

Figura 30 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa sensor AD



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do Esquema Elétrico da Jiga de Testes.

Para atender a especificação proposta para esta jiga, foi necessária a utilização de duas placas de sensor AD, essas placas são apresentadas abaixo de acordo com o endereçamento de barramento.

Placa endereço “00” realiza o controle dos circuitos de sensores de barreira dispostos na jiga de testes, estes sensores irão interpretar a ação do operador ativando ou não os circuitos pneumáticos para início dos testes do produto e verificação da presença física do produto. Estes estão dispostos conforme abaixo:

- entrada 1: Leitura do sensor de barreira Rx1 ( Sensor de mão: módulo interno);

- entrada 2: Leitura do sensor de barreira Rx2 (Sensor de mão: módulo interno);
- entrada 3: Leitura do sensor de barreira Rx3 (Sensor de mão: módulo externo);
- entrada 4: Leitura do sensor de barreira Rx4 (Sensor de mão: módulo externo);
- entrada 5: Leitura do sensor de barreira Rx5 (Sensor de produto: módulo interno);
- entrada 6: Leitura do sensor de barreira Rx6 (Sensor de produto: módulo interno);
- entrada 7: Leitura do sensor de barreira Rx7 (Sensor de produto: módulo externo);
- entrada 8: Leitura do sensor de barreira Rx8 (Sensor de produto: módulo externo);

Os sensores discriminados como “Sensor de mão” são os sensores de barreira localizados acima do produto. Estes sensores são responsáveis por ativar ou desativar o sistema pneumático da jiga de acordo com a interpretação da ação do operador. Os “Sensores de produto” estão localizados na base do produto, através deles o sistema interpreta se existe um produto em teste na jiga ou não. Assim, a jiga só ativa os pneumáticos que prendem os produtos e a cama de agulhas, mediante interrupção dos sensores de produto e desobstrução dos sensores que detectam a mão do operador.

Placa endereço “01” realiza a interface com diversos circuitos da jiga e do produto de forma a realizar a aprovação ou não destes circuitos através da validação da leitura de tensão em suas entradas. Estes estão dispostos conforme abaixo:

- entrada 1: Sensor de teste de Extensão de áudio;
- entrada 2: Sensor de presença elétrica da placa do módulo interno;
- entrada 3: Sensor de presença elétrica da placa do módulo externo;
- entrada 4: Leitura do nível de tensão de 14,5V da fonte do produto (módulo interno);
- entrada 5: Leitura do nível de tensão de 5V do produto (módulo interno);
- entrada 6: Leitura do nível de tensão da rede (12V ou 6V) para seleção de AC;
- entrada 7: Avaliação de curto-circuito no AC;
- entrada 8: Leitura da avaliação de fechadura;

#### *3.1.2.1.6 Fonte DC*

Fornece as tensões DC para toda a jiga de testes. Trata-se de uma fonte de 14,5V/1,8A fabricada pela empresa do estudo.

Figura 31 – Placa Padrão: Fonte DC



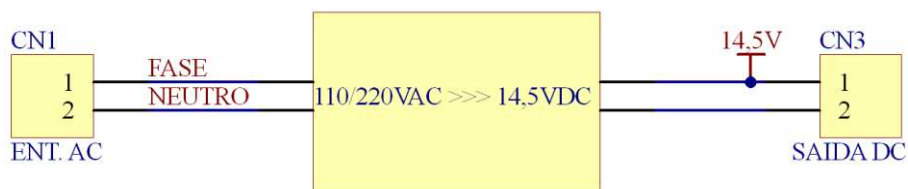
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Abaixo são descritas as posições e as funções de cada conector utilizado na placa Fonte DC:

- CN1 – ENTRADA FONTE: Entrada de tensão AC.
- CN3 – SAÍDA FONTE: Fornece alimentação de 14,5Vdc para todas as placas.

Na Figura 32, o esquema elétrico simplificado da placa Fonte DC.

Figura 32 – Placa Padrão: Esquema elétrico da placa Fonte DC



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do Esquema Elétrico da Jiga de Testes.

De forma a deixar a alimentação DC da jiga, distinta entre determinadas partes da jiga, optou-se em utilizar três fontes, proporcionando uma melhor análise de manutenção, quando necessário.

A Fonte 1 realiza a alimentação DC do circuito pneumático. A Fonte 2 realiza a alimentação DC de todas as placas da jiga através da placa auxiliar Distribuição DC, com exceção da placa de sensores de barreira. A Fonte 3 realiza a alimentação DC da placa sensores de barreira.

### 3.1.2.1.7 Placa de gerenciamento de alimentação

Responsável por todo o gerenciamento de alimentação do sistema AC da jiga de testes e do produto em teste, como: verificação da alimentação da rede elétrica, controle da alimentação do produto nas tensões de 127Vdc e 220Vac, avaliação de curto-circuito do produto em teste e controle de potência para acionamento da fechadura elétrica instalada no produto em teste.

A Jiga possui um transformador isolador que é alimentado pela rede 220Vac ou 110Vac, este transformador garante que ambas as tensões estejam presentes no circuito. A tensão de 110Vac é retificada e passa por um regulador de tensão garantindo uma tensão retificada de 127Vdc mesmo que a tensão de entrada da rede varie ou a carga aumente. A alimentação de 127 Vdc é fornecida através do RL1 para o conector CN21, que por sua vez está conectada à entrada AC do produto F (FASE\_PROD) e N (NEUTRO\_PROD).

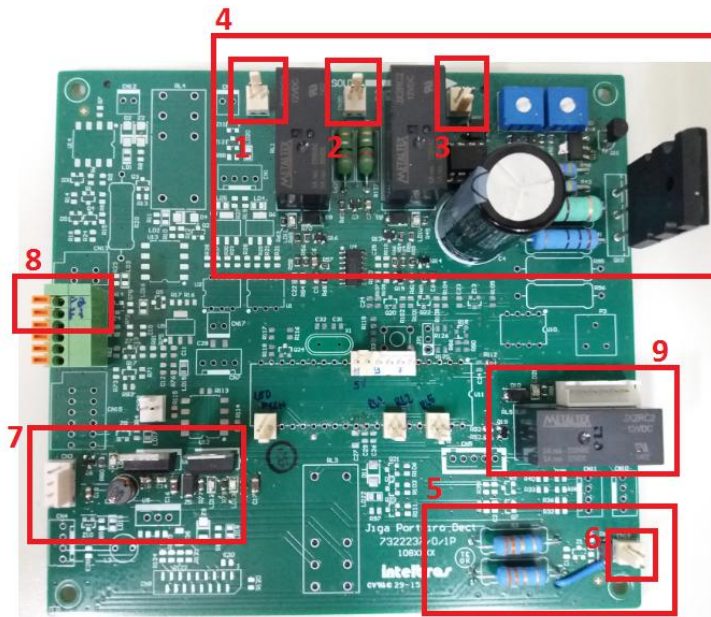
A escolha da Fonte DC se dá por 3 motivos:

- cria um ambiente regulável que independe das variações da tensão da rede elétrica;
- fácil ajuste da tensão de 127V através de trimpot, tensão esta correspondendo a tensão mínima ao qual o produto foi projetado (90VAC ~ 127VDC)
- fácil detecção de curto circuito no produto sob teste, evitando uso de lâmpada incandescente em série com o produto.

Uma vez alimentada à entrada AC do produto com 127Vdc, a jiga verifica a condição de curto-circuito na entrada da fonte interna do produto sob teste. Se houver curto, de acordo com a avaliação de um circuito comparador, o sistema desliga o RL1, abrindo a alimentação do produto. A jiga exibe a mensagem de erro no display e libera o produto. Em caso de não detectar curto-circuito, o sistema avalia a tensão da fonte interna do produto (15,5Vdc e 5Vdc), de forma a garantir que a fonte do produto esteja funcionando.

Findada a etapa de alimentação de 127Vdc e verificação de curto-circuito, os reles RL1 e RL2 irão ser ativados para alimentação do produto na tensão de 220Vac e realização dos demais testes do produto.

Figura 33 – Placa Padrão: Placa de gerenciamento de alimentação



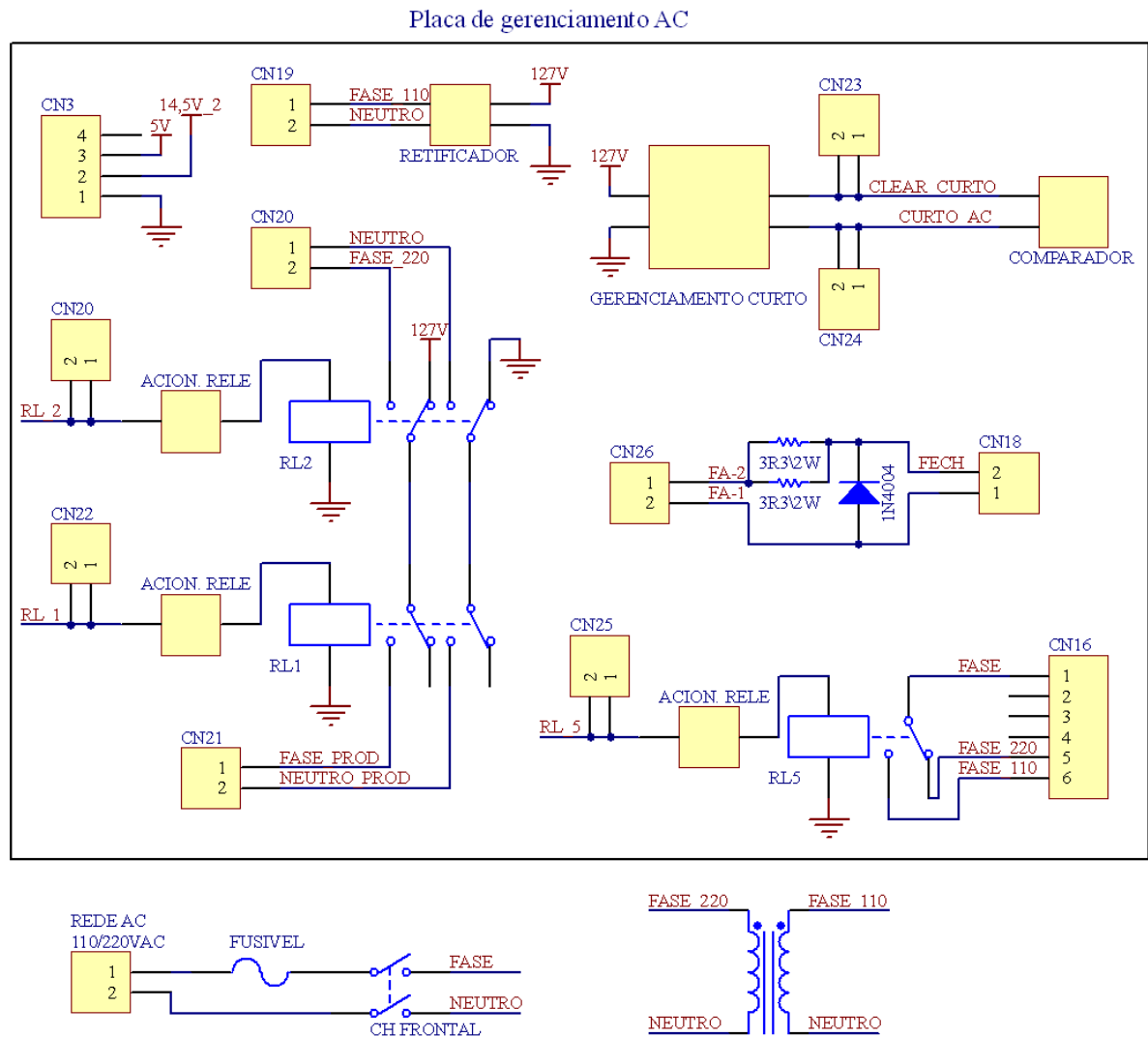
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Abaixo a relação de cada item destacado na imagem:

1. conector de entrada que realiza a alimentação do módulo interno (127Vdc ou 220Vac);
2. conector da entrada 220Vac da jiga;
3. conector de entrada 110Vac da jiga;
4. circuito que realiza o chaveamento das tensões para alimentação do produto e avalia a presença de curto-circuito no produto;
5. circuito de controle de potência do acionamento da fechadura;
6. conector de instalação da fechadura elétrica;
7. circuito de geração de tensões DC (5V e 12V) para a placa de gerenciamento;
8. conector que realiza a ligação da saída de fechadura do módulo externo;
9. circuito que realiza o chaveamento entre as tensões 127Vdc e 220Vac para alimentação do produto.

Na Figura 34, o esquema elétrico simplificado da placa de gerenciamento AC e periféricos.

Figura 34 – Placa Padrão: Esquema elétrico placa de gerenciamento de alimentação



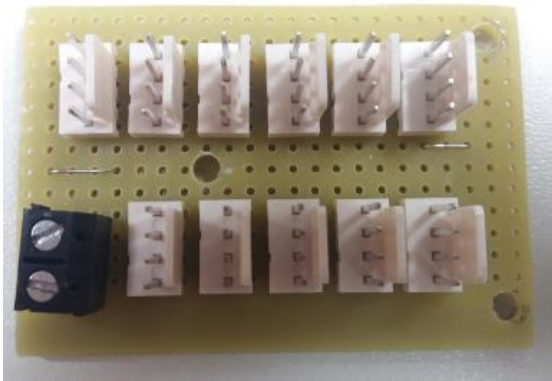
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do esquema elétrico da jiga de testes.

### 3.1.2.1.8 Placa auxiliar - Distribuição de alimentação e dados

Utilizada para distribuir a alimentação DC e a comunicação serial de dados entre as placas. Esta placa recebe a alimentação de uma fonte exclusiva (Fonte 2).

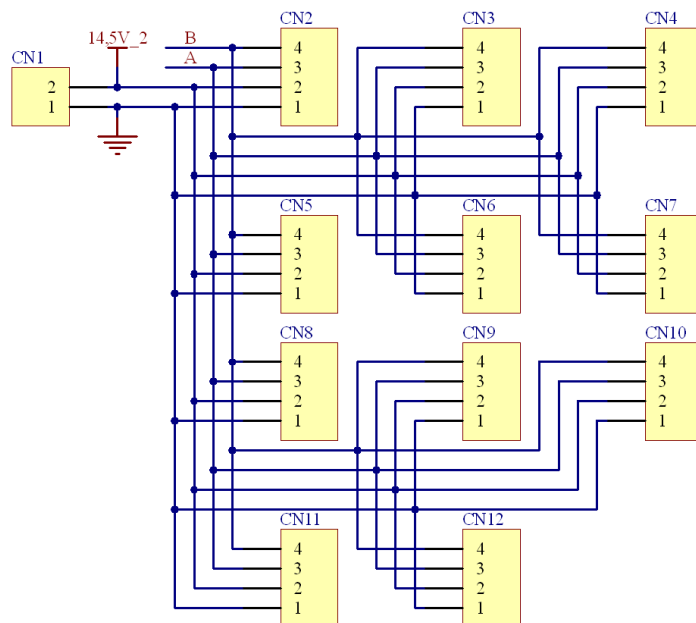
Figura 35 – Placa de distribuição de alimentação e dados



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Na Figura 36, o esquema elétrico da placa de distribuição de alimentação e dados.

Figura 36 – Placa auxiliar: Esquema elétrico placa de distribuição de alimentação e dados



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

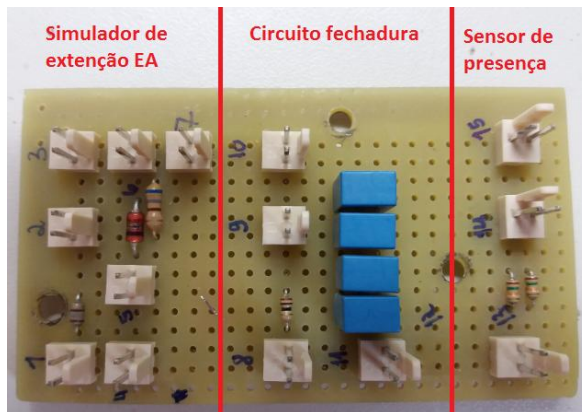
A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do esquema elétrico da jiga de testes.

#### 3.1.2.1.9 Placa auxiliar - Simulador de extensão de áudio/Fechadura/Sensor de presença

Possui o circuito que simula uma extensão de áudio presente no módulo interno, através da implementação de uma carga no seu circuito que represente a mesma carga da

extensão bem como um circuito que realiza o acionamento da fechadura através da carga da extensão, a indicação de validação desse circuito é feita através de um LED descrito como “RING EXTENSÃO” que é ligado a esta placa através de um conector. Possui também um circuito que realiza uma análise quantitativa do acionamento da fechadura elétrica, o acionamento da fechadura é indicado através de um LED descrito como “ELETROMAG” que é conectado a esta placa através de um conector. Possui um terceiro circuito que avalia a presença elétrica da placa de cada módulo do produto, ou seja, é realizada uma análise de tensão em determinado ponto do circuito do produto, esta análise é realizada durante os testes automáticos da jiga.

Figura 37 – Placa auxiliar: Simulador extensão de áudio, fechadura e sensor de presença

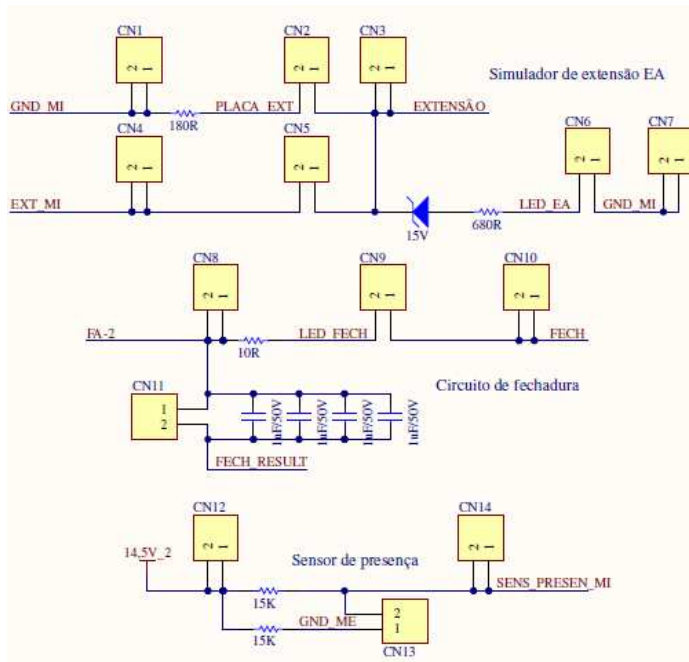


Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Na Figura 38, o esquema elétrico exemplifica os circuitos que compõem esta placa.



Figura 38 – Placa auxiliar: Esquema elétrico extensão de áudio, fechadura, sensor presença.



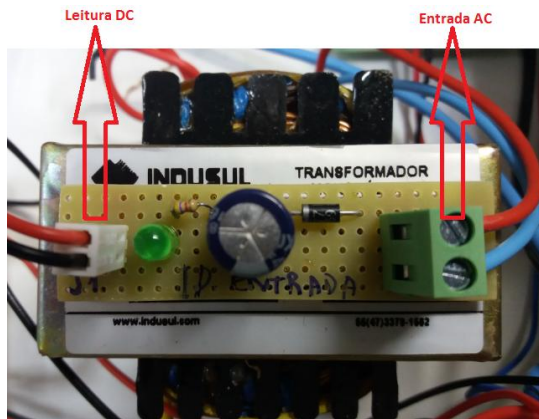
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do esquema elétrico da jiga de testes.

### 3.1.2.1.10 Placa auxiliar - Identificação e controle da entrada AC

Este circuito foi desenvolvido com o objetivo de identificar a tensão da rede elétrica em que a jiga está sendo instalada. Acoplado fisicamente em um transformador, este circuito reduz a tensão da rede elétrica ao nível de 12Vdc, retificando-o em seguida. De acordo com a tensão de leitura deste circuito (6Vdc ou 12Vdc), o sistema identifica se a jiga de testes foi ligada na rede elétrica de 110Vac ou 220Vac, respectivamente.

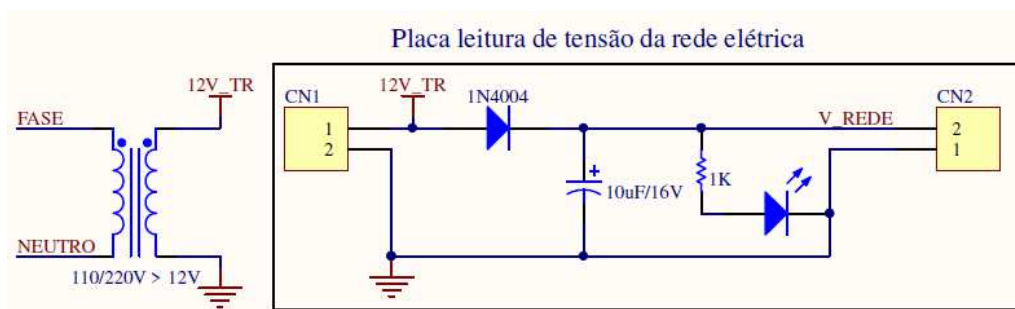
Figura 39 – Placa auxiliar: Identificação e controle da entrada AC



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Na Figura 40, o esquema elétrico da placa identificação e controle da entrada AC.

Figura 40 – Placa auxiliar: Esquema elétrico placa identificação e controle da entrada AC



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do esquema elétrico da jiga de testes.

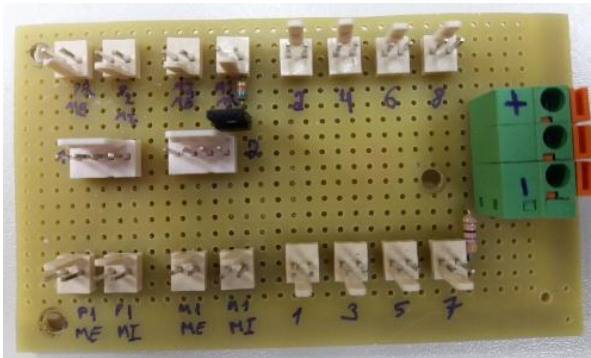
#### 3.1.2.1.11 Placa auxiliar - Sensores de barreira

Realiza o controle ótico do sistema pneumático e da presença física dos produtos na jiga. Trata-se de emissores e receptores infravermelhos que atuam de forma a verificar a presença do produto na jiga, utilizados também avaliar o modo de colocação do produto na jiga, que deve ser colocado de uma forma sequencial pré-definida, para acionamento do sistema pneumático.

Este circuito é composto pelos sensores, sendo que alguns são emissores e outros são receptores, e um circuito básico que contempla os conectores e um resistor para limitar a

corrente nos LEDs emissores. Esta placa é conectada a placa de Sensor AD que realiza a avaliação de interrupção dos sensores. Os sensores foram separados por categoria, sensores de produto e sensores de “mão”, sendo que este assunto será abordado posteriormente. Para este circuito também foi definida uma fonte exclusiva para alimentação, que é a fonte 3.

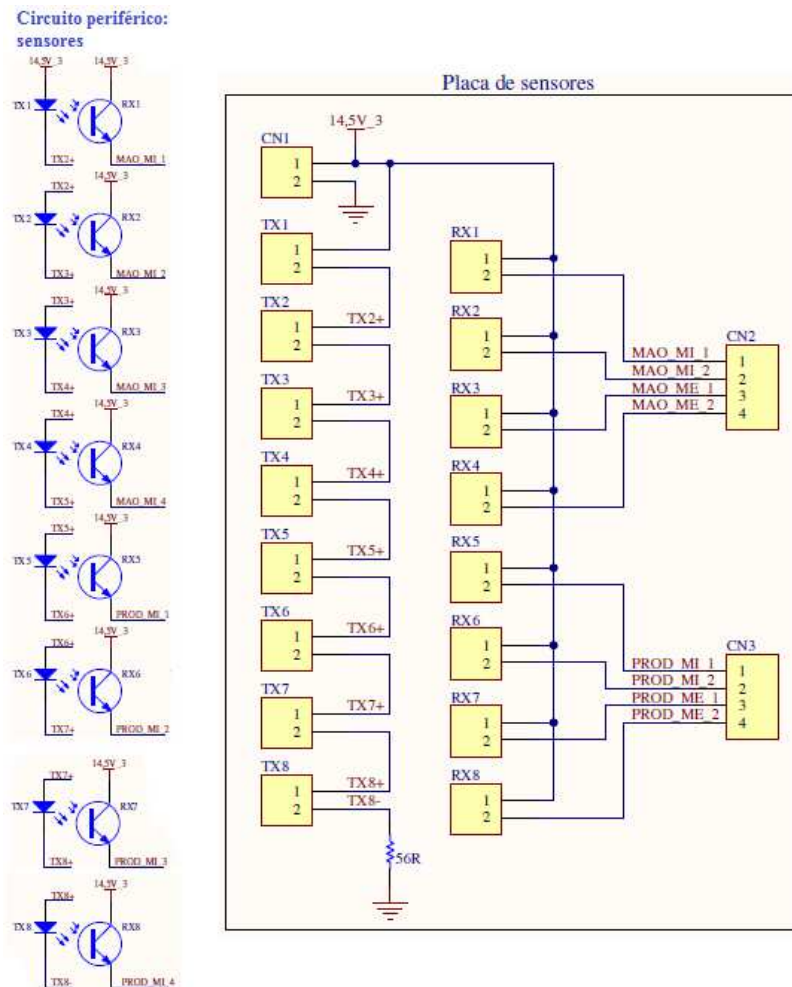
Figura 41 – Placa auxiliar: Sensores de barreira



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Na Figura 42 é apresentado o esquema elétrico da placa sensores de barreira, bem como seus periféricos.

Figura 42 – Placa auxiliar: Esquema elétrico da placa sensores de barreira



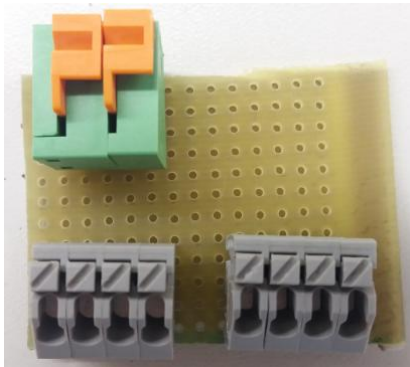
Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do esquema elétrico da jiga de testes.

### 3.1.2.1.12 Placa auxiliar - Distribuição DC Pneumático

A placa de distribuição DC Pneumático realiza a distribuição DC para o sistema pneumático. Este circuito é alimentado por uma fonte DC exclusiva (Fonte 1). Seu circuito é composto apenas por um conector de entrada DC, vindo da Fonte 1, e conectores de saída para conexão do sistema pneumático.

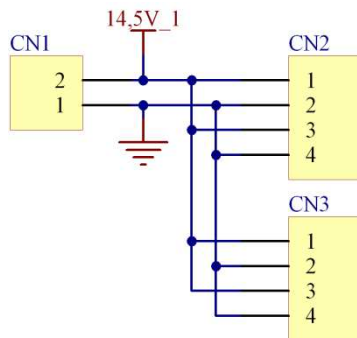
Figura 43 – Placa auxiliar: Distribuição DC pneumático



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Na Figura 44, o esquema elétrico da placa de distribuição DC pneumático.

Figura 44 – Placa auxiliar: Esquema elétrico da placa de distribuição DC pneumático



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

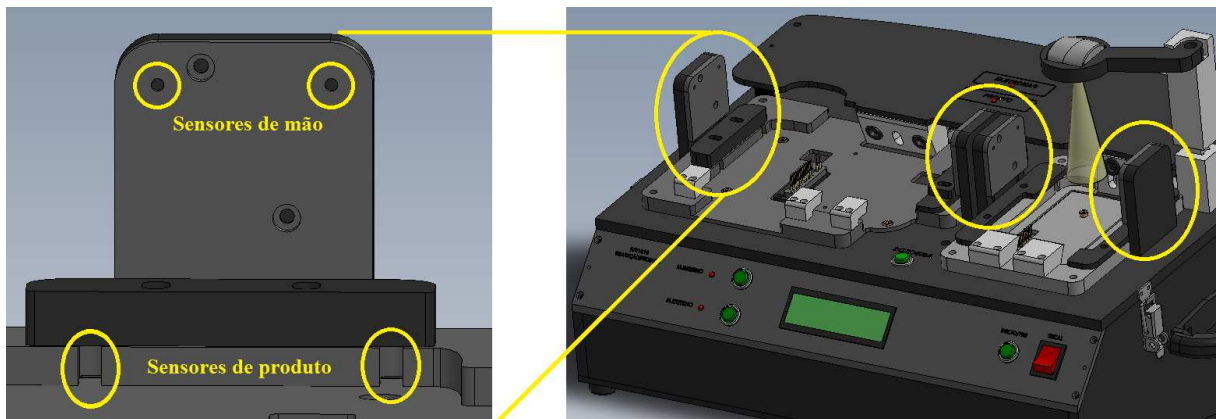
A interface elétrica deste circuito com os demais circuitos que compõem a jiga de testes pode ser observada no anexo A do esquema elétrico da jiga de testes.

### 3.1.3 Especificação de Funcionamento

Conforme descrito no decorrer dos itens anteriores, o objetivo deste projeto foi o de conceber um dispositivo de testes que realize os testes de ambos os módulos, interno e externo, contemplando os testes de validação eletrônica da placa e a validação do produto final na mesma jiga, e que realize determinadas validações de forma automática. Desta forma, é possível alcançar os objetivos da manufatura, de redução do tempo de testes dos produtos, consequentemente, reduzindo os custos do processo produtivo.

Para alcançar estes objetivos, uma das necessidades foi à realização automática dos testes dos circuitos eletrônicos do produto. Esta etapa foi possível com a implantação de um sistema pneumático que atua através da leitura do *status* de um circuito formado por sensores de barreira. Este circuito é composto por LEDs emissores de luz infravermelha e por fotorreceptores de luz infravermelha. Estes circuitos foram criados de forma a contemplar duas formas de atuação na jiga de testes discriminadas como: “sensor de produto” e o “sensor de mão”. A Figura 45 demonstra a localização destes sensores na jiga de testes.

Figura 45 – Localização dos sensores de barreira



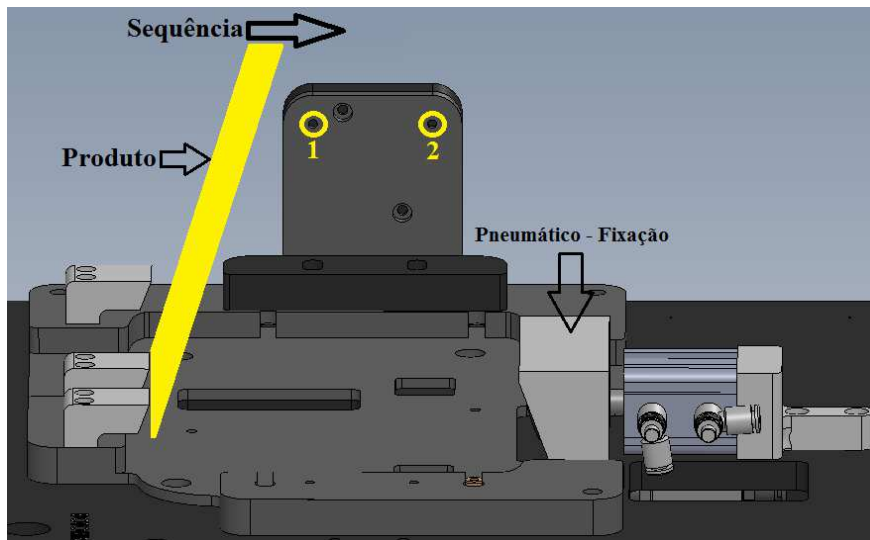
Fonte: Adaptado de *Software SolidWorks* terceiro, 2018.

Os “sensores de produto” possuem a função de verificar se o produto foi colocado corretamente na jiga de testes, ou seja, é o teste ótico de presença de produto. Na posição de cada módulo existem dois sensores que irão atuar conforme a existência de produto, conectado ou não. Quando não há produto conectado, os sensores de barreira (fotorreceptores) permanecem conduzindo corrente elétrica e a placa de sensor AD, do endereço “00”, irá interpretar através da leitura de nível lógico alto. Quando o produto é colocado na jiga, o sensor de barreira será interrompido, desta forma a placa de sensor AD, do endereço “00”, irá realizar a leitura de nível lógico baixo, ou seja, existe produto na jiga. Somente com a leitura de nível lógico baixo dos dois sensores é que o sistema pneumático esta habilitado para acionamento, fato que ocorre de acordo com a interrupção dos sensores de “mão”, abordados na sequência.

Os “sensores de mão” são responsáveis pela interpretação da ação do operador para iniciar ou finalizar os testes, funcionando como uma chave de liga/desliga da jiga. Estes

sensores sempre estão em nível lógico alto, mesmo quando o produto está em teste. Mas sua interrupção ocorre durante o processo em que o operador coloca ou retira o produto na jiga. Os “sensores de mão” foram instalados em um local em que a ação do operador sempre irá interromper estes sensores de uma forma lógica desejada, quando determinada sequência, que será abordada mais adiante é realizada, o sistema pneumático é ativado para início dos testes do produto. Mecanicamente, existe apenas uma forma de colocar o produto na jiga, de forma diagonal, ou seja, sempre a parte de baixo do produto é encaixada primeira para, posteriormente, encaixar o restante do produto. A Figura 46 ilustra como o produto é encaixado no dispositivo.

Figura 46 – Exemplificação do encaixe do produto



Fonte: Adaptado de *Software SolidWorks* terceiro, 2018.

Conforme demonstra a figura acima, primeiramente a parte inferior do produto deverá ser encaixada, para posterior acomodação do restante do produto, desta forma será respeitada a ordem de interrupção dos “sensores de “mão”. Após encaixe do produto e do operador retirar a mão do produto, o sistema pneumático é acionado automaticamente. A sequência de interrupção dos sensores segue a ordem definida como apresentado na Figura 47.

Figura 47 – Sequência de interrupção dos sensores de “mão”



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Após a última interrupção, sensor 1 ou sensor 2, quando da retirada da mão do operador do produto, o sistema pneumático é acionado automaticamente e inicia-se os testes do produto, conforma Figura 20 descrita no item Especificação do Módulo Eletroeletrônico deste trabalho.

O resultado dos testes automáticos é apresentado para o operador através de um *display* no painel frontal da jiga. O detalhamento das etapas dos testes são apresentadas no Anexo B deste trabalho. Após a conclusão e validação das etapas automáticas, um LED localizado na tampa frontal superior da jiga, acenderá indicando ao operador o *status* de “PRONTO”, ou seja, o produto está validado até a presente etapa e pronto para a realização dos demais testes que são realizados manualmente pelo operador. A Figura 48 mostra a indicação deste LED.

Figura 48 – Indicação de PRONTO



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Caso uma das etapas automáticas apresente erro, a jiga de testes interromperá o teste, desativando o sistema pneumático, e informará o erro no display. Um exemplo de erro de uma das etapas pode ser verificado na Figura 49, onde o teste de fechadura apresentou erro e é possível verificar a informação no display da jiga que indica NOK (Não OK).



Figura 49 – Etapas de validação automática



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Conforme a especificação necessária para a devida validação do produto, os testes que o operador necessita realizar são:

- teste de campainha: realização de uma chamada do módulo externo para o interno;
- teste de comunicação: realização de testes de transmissão e recepção de áudio entre os módulos;
- teste de vídeo: avaliação da qualidade de vídeo da câmera do produto e do funcionamento da câmera adicional;
- teste de teclas: validação funcional e mecânica do teclado do produto;

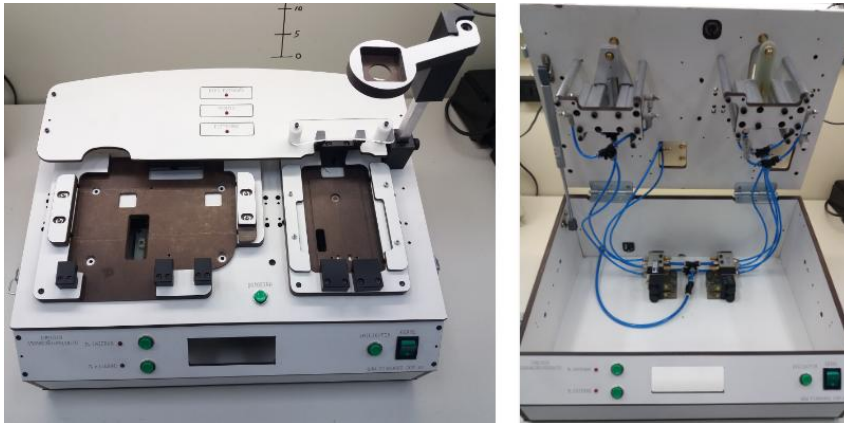
Estes testes manuais serão abordados no item Validação Final da Jiga, que será abordado ainda neste capítulo.

### 3.2 MONTAGEM DA JIGA

Após a concepção da estrutura mecânica, as placas necessárias foram providenciadas para início da montagem da jiga de testes através da integração do módulo mecânico com o módulo elétrico.

O módulo mecânico, desenvolvido pelo terceiro, contemplou a estrutura mecânica da jiga e o sistema pneumático. A Figura 50 mostra a estrutura recebida para início da integração dos circuitos eletrônicos.

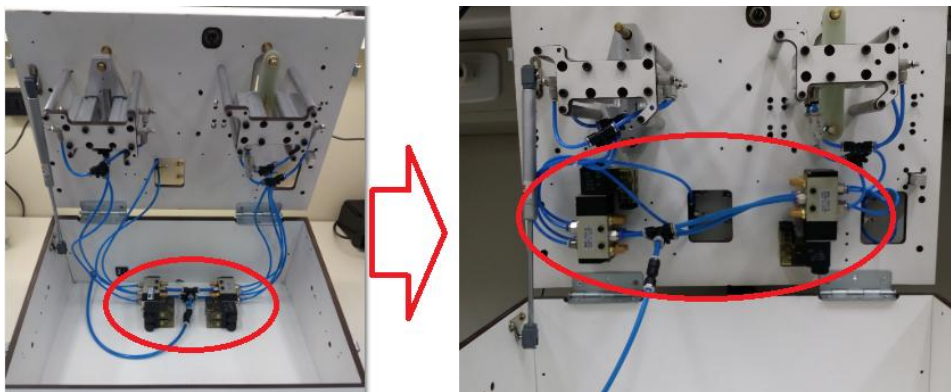
Figura 50 – Módulo mecânico



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Em relação ao projeto entregue pelo terceiro, apenas foi modificada a posição dos atuadores pneumáticos de forma a dar maior espaço para a fixação das placas eletrônicas. A Figura 51 mostra a mudança do posicionamento dos atuadores da caixa para a tampa.

Figura 51 – Posicionamento dos atuadores pneumáticos



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Após o reposicionamento dos atuadores foi iniciada a fixação das placas eletrônicas no módulo mecânico de forma a melhor organizar a passagem de fios de conexão para manter o máximo de organização de cabos. É importante esclarecer que todas as placas eletrônicas utilizadas neste projeto foram testadas e validadas antes de sua integração à jiga de teste, desta forma pode ser evitado algum contratempo desnecessário a concepção da jiga e sua funcionalidade. A Figura 52 apresenta o acondicionamento das placas ao módulo mecânico da jiga.

Figura 52 – Fixação das placas eletrônicas

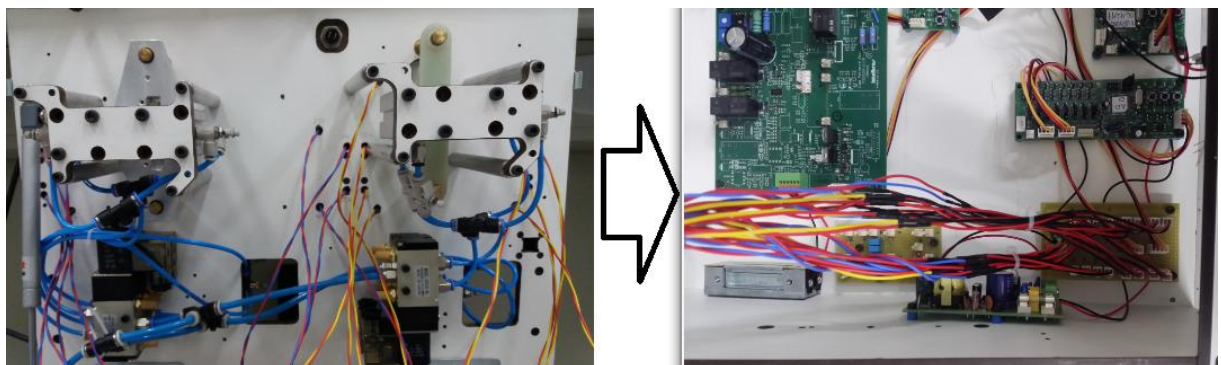


Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Findada a fixação das placas, iniciou-se a conexão elétrica através de fios. A maior parte das conexões foi realizada através de conectores padrão disponíveis na empresa. Os cabos foram cortados de acordo com a necessidade de comprimento e crimpados nos conectores padrão para conexão.

A primeira etapa de conexão foi a dos sensores de barreira. Foi avaliado o melhor caminho dos cabos dentro da jiga, de forma a melhor organizar estas conexões. A Figura 53 demonstra a confecção dos cabos de conexão dos sensores de barreira até sua placa eletrônica.

Figura 53 – Conexão dos sensores de barreira

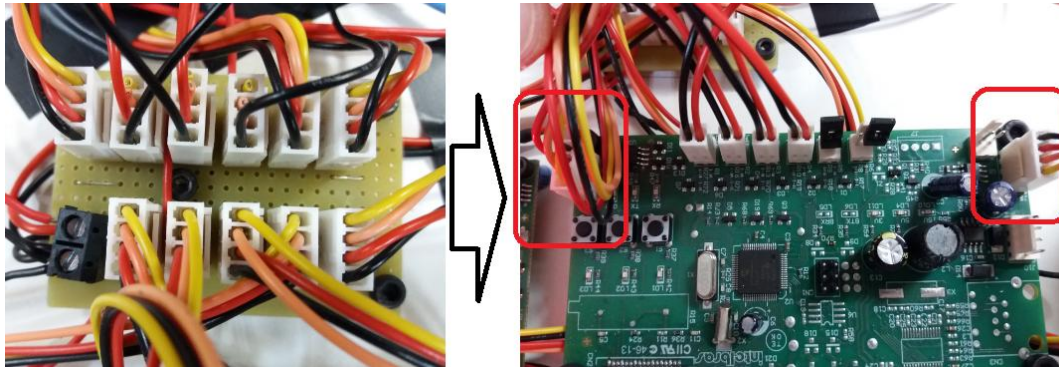


Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Após as conexões dos sensores, foi dado início a conexão entre as placas padrão. Estas conexões também foram realizadas com fios e conectores padrão de forma a manter o padrão de montagem das jigas da empresa. Primeiramente, foi realizada a conexão dos

circuitos de distribuição DC e comunicação serial, nas placas, para posterior conexão entre as placas padrão e auxiliar.

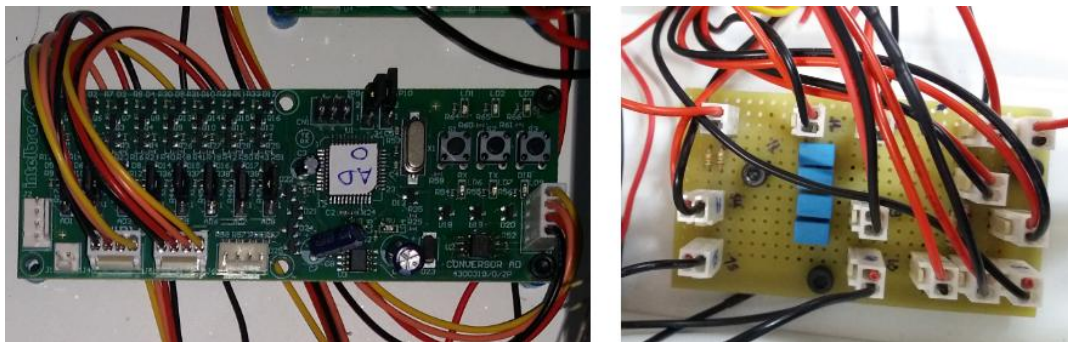
Figura 54 – Conexão da distribuição DC e comunicação serial



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

As conexões foram realizadas também, de forma a melhor organizar os fios dentro da jiga e que possibilitem uma melhor identificação para uma possível manutenção.

Figura 55 – Conexão das placas padrão e auxiliar

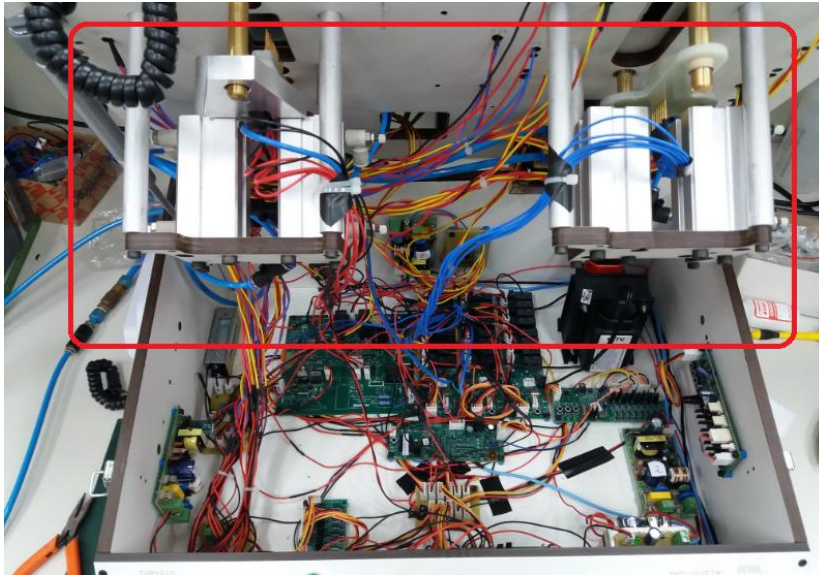


Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Finalizada as conexões das placas, realizou-se a conexão entre os módulos do produto, ou seja, conexão entre o módulo interno e externo e seus periféricos. Nesta etapa foi necessário ter o cuidado de melhor organizar os cabos para evitar que quando o sistema pneumático atue, algum cabo rompa ou cause algum dano em alguma outra conexão. A Figura 56 demonstra a localização interna, da conexão desta etapa.



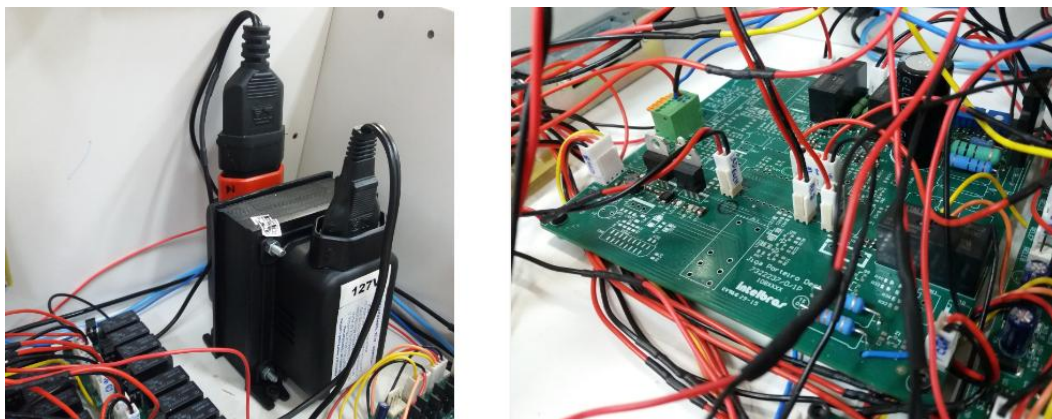
Figura 56 – Conexão entre os módulos



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A ultima etapa de montagem foi a conexão do circuito de alimentação do produto. Está etapa contemplou as conexões da rede elétrica AC nos circuitos de entrada de alta tensão da jiga e interconexões dos cabos às placas de controle AC.

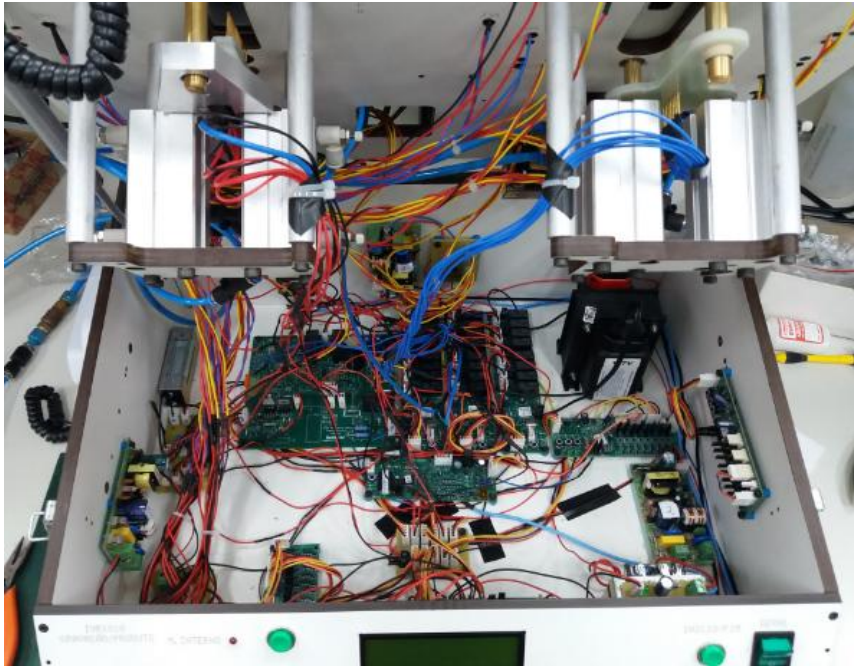
Figura 57 – Conexão AC e controle AC



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Após a finalização de todas as conexões, obteve-se como resultado um dispositivo com um grande número de conexões, conforme a Figura 58.

Figura 58 – Finalização das conexões



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Com todas as etapas de montagem concluídas, foi dado início aos testes de validação final da jiga de forma a avaliar se seria necessário algum ajuste de *hardware* ou *software* do projeto. A etapa de validação será abordada no próximo item.

#### 4 VALIDAÇÃO FINAL DA JIGA

Findada a etapa de montagem da jiga, deu-se início a validação funcional do equipamento de forma a validar os resultados obtidos de acordo com o especificado. Os circuitos que compõem a jiga de testes foram montados por etapas, desta forma, durante a etapa construtiva do módulo eletrônico do equipamento, foram realizados testes de validação individual dos blocos de circuitos, de forma a evitar que erros de montagem ou defeitos inesperados fossem causar alguma não conformidade de acordo com o especificado. Desta forma, foi possível conceber um dispositivo que não apresentou defeitos construtivos em relação aos circuitos que a compõem.

Os testes foram realizados de acordo com uma definição pré-estabelecida, que facilite e realize de forma dinâmica os testes do produto com uma maior agilidade do processo possível. Esta validação foi realizada em laboratório uma vez que seu desenvolvimento foi feito na Matriz da empresa, localizada na cidade de São José-SC, posteriormente o dispositivo foi enviado para a filial da cidade de Manaus-AM, onde o produto é fabricado.

A primeira validação do teste foi o funcionamento do circuito de presença de produto e do circuito do sistema pneumático. Estes circuitos são gerenciados através dos circuitos de sensores de barreira instalados na jiga de testes, o primeiro reconhecendo que os produtos foram inseridos no dispositivo, e o segundo, após este reconhecimento, realiza o acionamento do sistema pneumático da fixação do produto e conexões elétricas. Evidenciou-se que estes circuitos operaram conforme especificado, ou seja, sem a necessidade de o operador realizar ações operacionais para este teste, bastando colocar os produtos nos locais específicos de teste. A Figura 59 mostra o dispositivo com os produtos inseridos e com o sistema pneumático ativo.

Figura 59 – Inserção dos produtos na jiga



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Após o acionamento do sistema pneumático, iniciam-se automaticamente, os testes de validação elétrica do produto como: testes de verificação elétrica do produto, testes de avaliação da fonte interna do produto, gravação do firmware e teste de fechadura através do acionamento de Botoeira. A sequência das etapas de testes, realizadas nesta operação, estão descritas na Figura 20 do item Especificação do Módulo Eletroeletrônico deste trabalho. Constatou-se que os testes foram realizados de forma satisfatória e de acordo com o especificado para esta etapa. Ao fim desta etapa, o *display* da jiga irá informar ao operador, através de mensagem na tela, que os testes tiveram validação OK e um LED, identificado por “PRONTO”, localizado na tampa superior da jiga, sinalizará ao operador que os demais testes podem ser realizados. A Figura 60 demonstra as informações de conclusão destas etapas do teste.

Figura 60 – Avaliação dos testes automáticos



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.



Após a etapa de testes automáticos, a jiga de testes passa para a operação manual, onde o operador inicia os testes operacionais como: Teste de campainha, teste de áudio, teste de vídeo e testes das teclas. Esta é uma etapa importante na validação do dispositivo pois, para sua análise, é preciso munir o operador de informações acústicas e visuais de forma que ele detenha de todas as informações visuais ou audíveis possíveis para validação do produto. Para esta etapa foram implementados dispositivos periféricos como fechadura elétrica e LEDs para melhor sinalizar o funcionamento do produto.

O primeiro teste realizado é o acionamento da tecla “CHAMAR” do módulo externo para o acionamento da campainha localizada no módulo interno. A Figura 61 demonstra o acionamento desta tecla dando início ao teste operacional. Posteriormente ao teste de campainha o operador atende a chamada do módulo interno coma retirada do monofone do gancho. Estas são validações específicas do produto, no que se refere ao circuito da jiga de testes, existe um circuito de controle, via reles, que realiza a conexão entre os produtos. Como a comunicação entre os módulos foi eficaz, constatou-se que o circuito desenvolvido atendeu conforme especificação inicial.

Figura 61 – Teste da campainha



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Após o atendimento, com a retirada do monofone do gancho, é realizada a avaliação do áudio do produto, transmissão e recepção, bem como avaliação de qualidade de vídeo da câmera do módulo externo através da análise feita no display do produto. A Figura 62 demonstra o produto após o acionamento da campainha e a imagem do display referente à câmera do módulo externo.

Figura 62 – Teste de comunicação e vídeo



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Findada a etapa de análise de qualidade de áudio e vídeo, o teste final do produto é a validação mecânica das teclas do produto com a avaliação da câmera adicional e do acionamento da tecla de fechadura. O teste de fechadura é validado pelo operador pela visualização de um LED descrito como “ELETROMAG”, localizado na tampa superior da jiga. Após o teste de fechadura, o sistema pneumático é desativado, liberando o produto e finalizando seu teste. A Figura 63 demonstra a validação da câmera adicional instalada na jiga de testes.

Figura 63 – Teste da câmera adicional



Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

A realização dos testes de análise qualitativa do dispositivo foi muito positiva. Constatou-se que todas as etapas especificadas, tanto mecânicas como elétricas, atenderam com qualidade o objetivo proposto, o de realizar teste de um produto com a máxima eficiência

e com qualidade. Pode-se desenvolver um dispositivo de fácil operação e que transmita ao operador diferentes formas de apresentação dos resultados, seja através do *display* instalado na jiga quanto pelos dispositivos periféricos, como LEDs, previstos em posições de fácil observação.

Após a validação qualitativa da jiga de testes, foram realizadas as análises quantitativas, ou seja, uma análise dos tempos envolvidos neste teste de forma a avaliar sua real eficiência para a produção deste produto. Constatou que este novo conceito de dispositivo de testes irá tornar a produção, do produto videoporteiro ou outro qualquer, muito mais eficiente do que os dispositivos em operação na fábrica. Com um tempo total aproximado de 45 segundos para operação e validação do produto conclui-se que a jiga de testes desenvolvida irá atender de forma positiva a produção desta linha de produtos. Uma maior análise quantitativa de ganhos de produção será abordada no próximo capítulo.

## 5 CONCLUSÃO

Várias empresas do setor eletroeletrônico, nos últimos anos, vêm sofrendo, principalmente, com o mercado asiático que está introduzindo seus produtos no mercado brasileiro. O mercado competitivo faz com que empresas de manufatura desenvolvam soluções que permitam sua sobrevivência perante a concorrência, na tentativa de viabilizar suas fábricas para a produção e desenvolvimento de produtos genuinamente brasileiros. Para que estas empresas tornem-se competitivas, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento devem ser constantes, e um dos fatores que deve ser considerado estratégico para as empresas brasileiras é a constante implantação de melhorias.

Com base no atual mercado brasileiro viu-se a oportunidade de desenvolvimento de um dispositivo de testes de produto, jiga de testes, com o objetivo de otimização dos processos produtivos de um determinado produto, tornando a manufatura mais eficiente e a fábrica mais competitiva. Esta jiga de testes tem o propósito de realização de testes de validação de um videoporteiro com qualidade e com maior rapidez, quando comparado a um produto de características similares.

Para a realização do presente trabalho, um estudo bibliográfico sustentou todo o desenvolvimento da solução proposta, fornecendo bases sólidas de pesquisa que corroboraram para o aperfeiçoamento e desenvolvimento de novas soluções que permitam que empresas de manufatura realizem estudos de viabilidade de investimentos em dispositivos que permitam que seus processos produtivos se tornem mais eficazes e competitivos.

Para conceber a solução proposta, se fez análise do processo de manufatura da fábrica, tomando a linha de videoporteiros como objeto do estudo. Esta análise foi realizada junto da equipe de engenharia de processos onde foram avaliados os tempos de processos produtivos do produto, com base nas jigas de testes atuais, bem como o levantamento de oportunidades de melhorias capazes de serem implementadas no dispositivo proposto. Após análises de oportunidades, constatou-se que o desenvolvimento desta nova solução permitiria uma redução do custo de manufatura do videoporteiro de, aproximadamente, 45% em relação ao processo atual.

O desenvolvimento desta solução permitiu a implementação e implantação de um dispositivo que permite a automatização de algumas etapas de testes do produto, além desta inovação tecnológica, este desenvolvimento permitiu que o processo de manufatura se tornasse mais eficiente com a redução de etapas de processos de produção e,

consequentemente, redução de custos operacionais e estruturais, e uma maior garantia de qualidade, uma vez que houve redução do número de operações manuais.

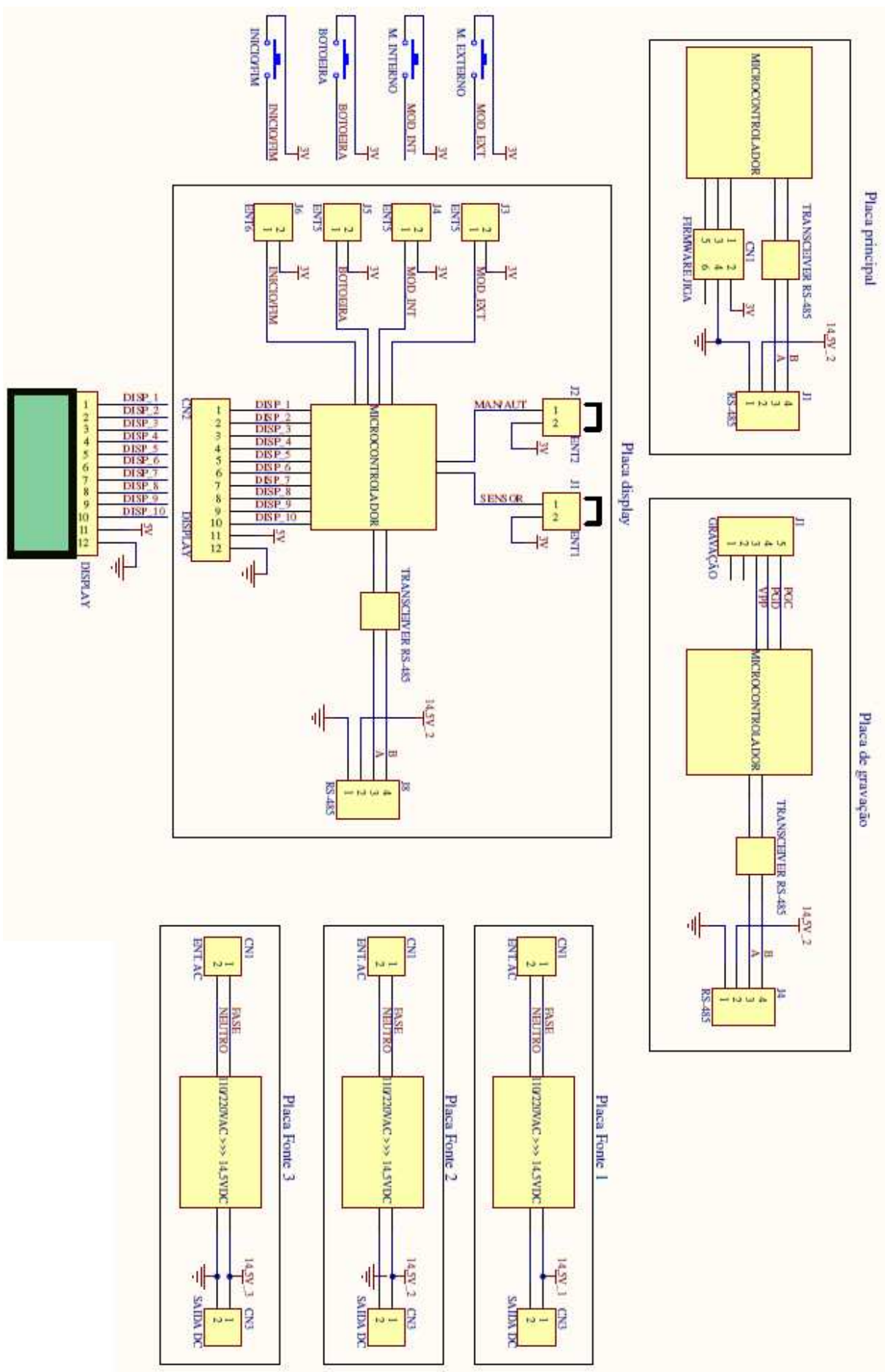
Com base na análise funcional do sistema de teste, constatou-se que o objetivo do estudo foi alcançado. A nova jiga de testes proporcionou a redução de etapas do processo produtivo, com a implementação de um dispositivo que permite a unificação de duas etapas produtivas, a unificação da jiga onde os módulos, que compõem o produto, puderam ser testados num mesmo dispositivo de testes, e a automatização de etapas de testes do produto. Com a unificação das duas etapas indicadas neste trabalho, e as implementações de melhorias, foi alcançado um resultado de redução de 43% de custos de processo produtivo, quando comparado um produto similar, também produzido pela empresa. Em termos de eficiência de produção, foi alcançada a redução de 45% do tempo de manufatura deste produto. Com a implementação deste novo conceito de jiga de testes, a engenharia de processos torna-se mais eficiente e com uma alta capacidade produtiva de, aproximadamente, 627 produtos diários contra 342 produtos diários quando utilizada a jiga de testes atual.

## REFERÊNCIAS

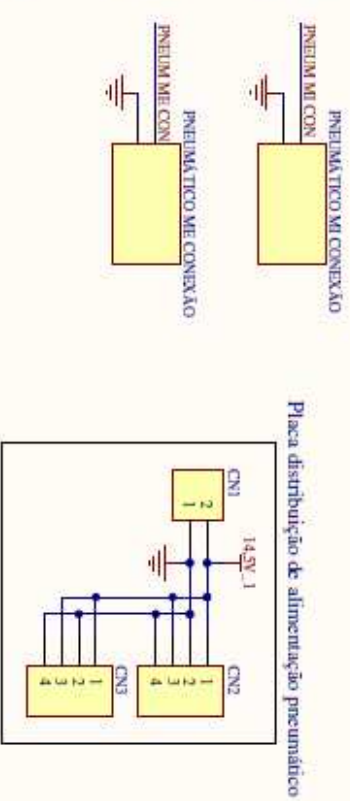
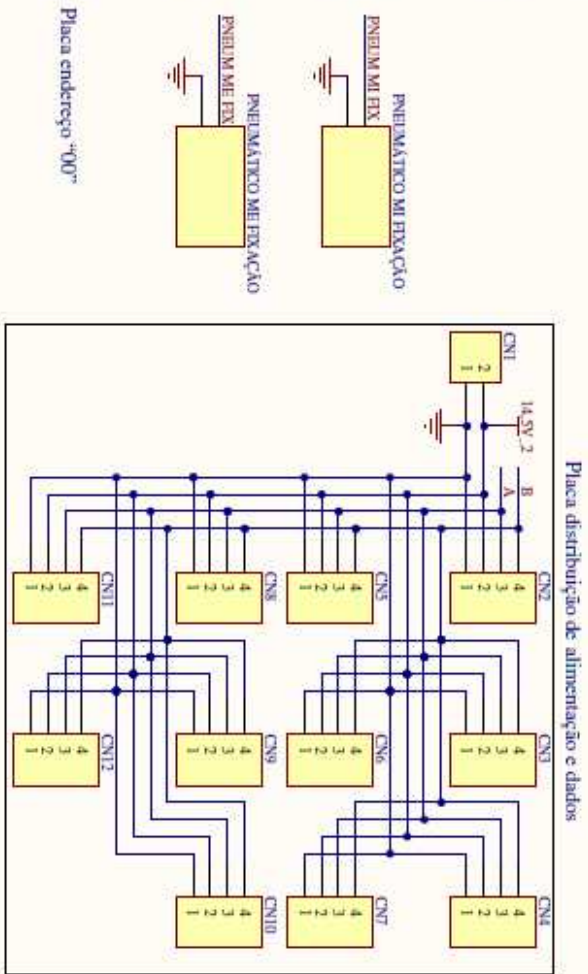
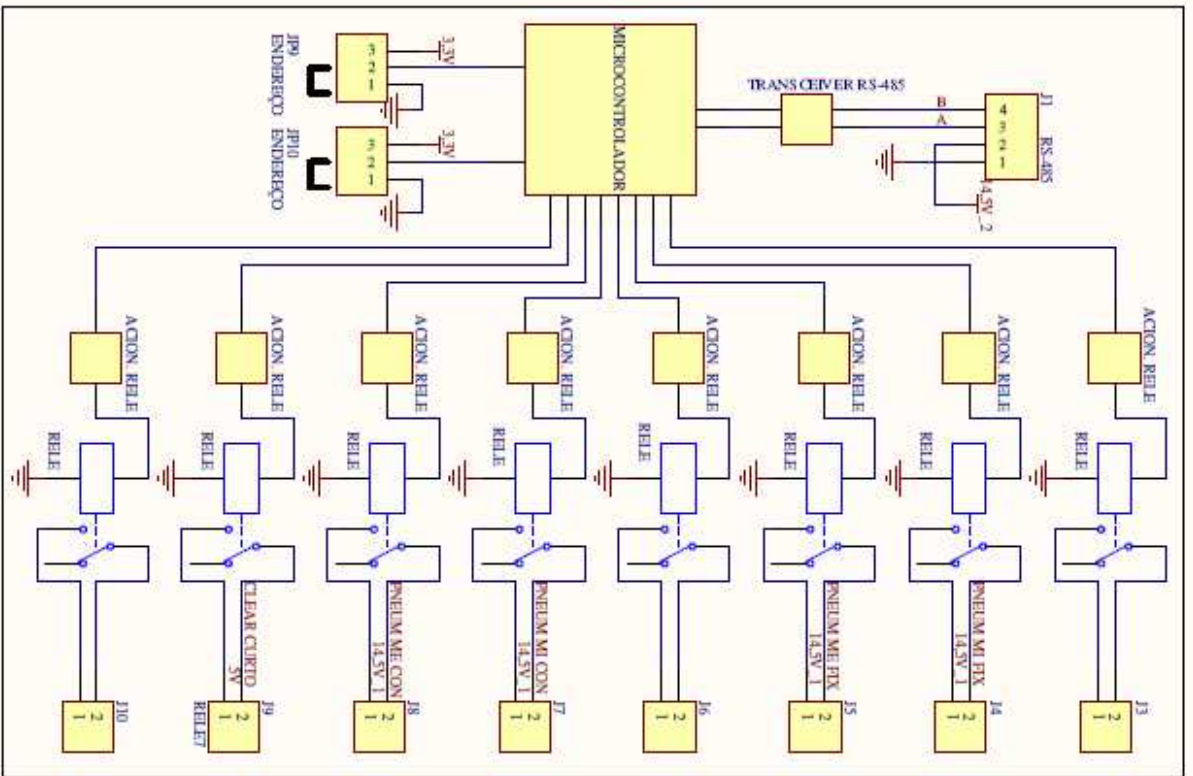
- CHAMBERS, Stuart et al. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- COSTA JUNIOR, Eudes Luiz. **Gestão em processos produtivos**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2012.
- CUNHA, Marcos Guilherme. Especialista aponta crescimento de invasões a residências e comércios. **Revista Security Brasil**, São Paulo, mai. 2016. Disponível em: <<http://revistasecurity.com.br>>. Acesso em: 08 mar. 2018.
- CUSTODIO, Marcos Franqui. **Gestão da qualidade e produtividade**. 1. ed. São Paulo: Pearson, 2015.
- LEITE, Thiago de Lima; THIESEN, Elton. **Jig de teste e ajuste de telefone sem fio DECT, do Curso de Engenharia Elétrica Telemática da UNISUL – Campus Pedra Branca**. 2011.116f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica Telemática)-Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2011.
- LIMA, Charles Borges. **Técnicas de projetos eletrônicos com os microcontroladores AVR**. 1ª ed. Florianópolis: Clube de autores, 2010.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Blocos e países**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/series-historicas>>. Acesso em: 05 mai. 2018.
- MONTGOMERY, Douglas C.. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- ORTIZ, Chris A.. **Kaizen e implementação de eventos kaizen**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- SELEME, Robson; PAULA, Alessandra de. **Projeto de produto: planejamento, desenvolvimento e gestão**. Curitiba: InterSaberes, 2013.
- SILVA, Cleide. **Crise provoca o fechamento de mais de 4 mil fábricas em são paulo em um ano. 2016**. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,crise-provoca-o-fechamento-de-mais-de-4-mil-fabricas-em-sao-paulo-em-um-ano,10000023406>>. Acesso em: 02 mai. 2018.
- SLACK, Nigel. **Vantagem competitiva em manufatura**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção-Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

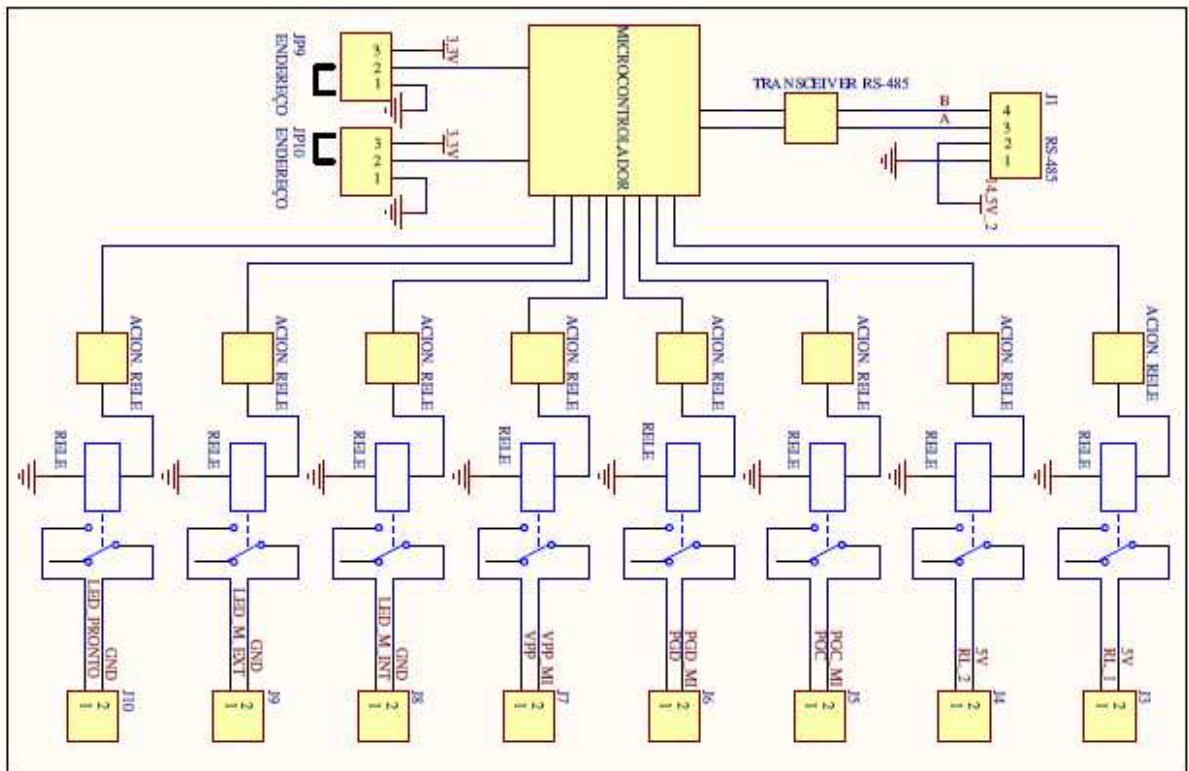
## **ANEXOS**

## ANEXO A – Esquema elétrico da jiga de testes

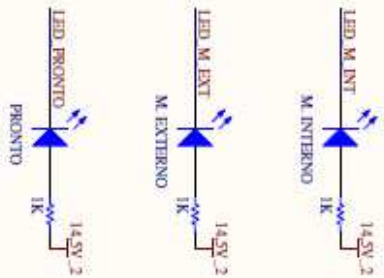




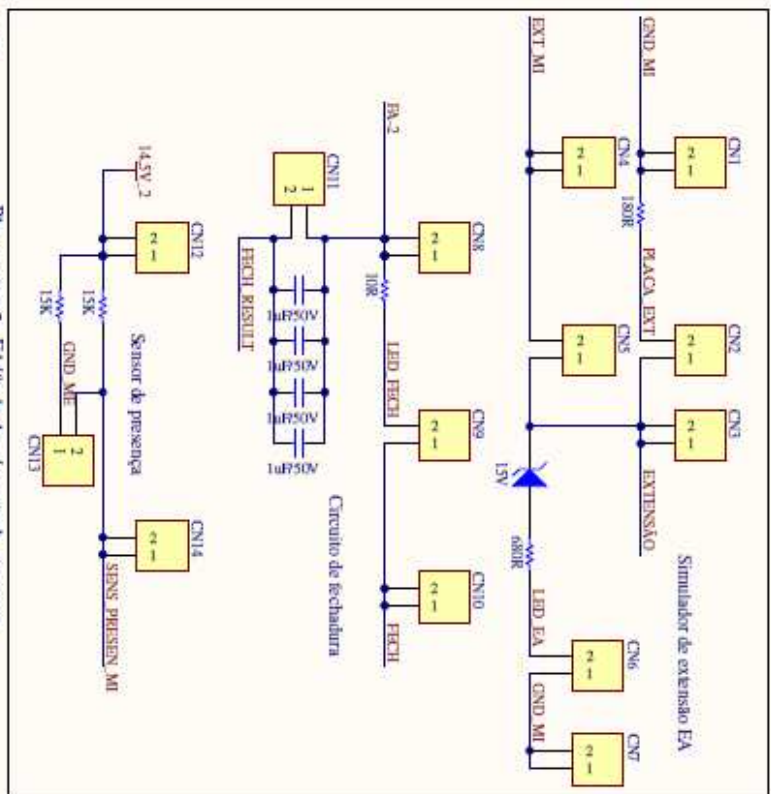
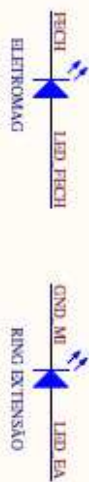


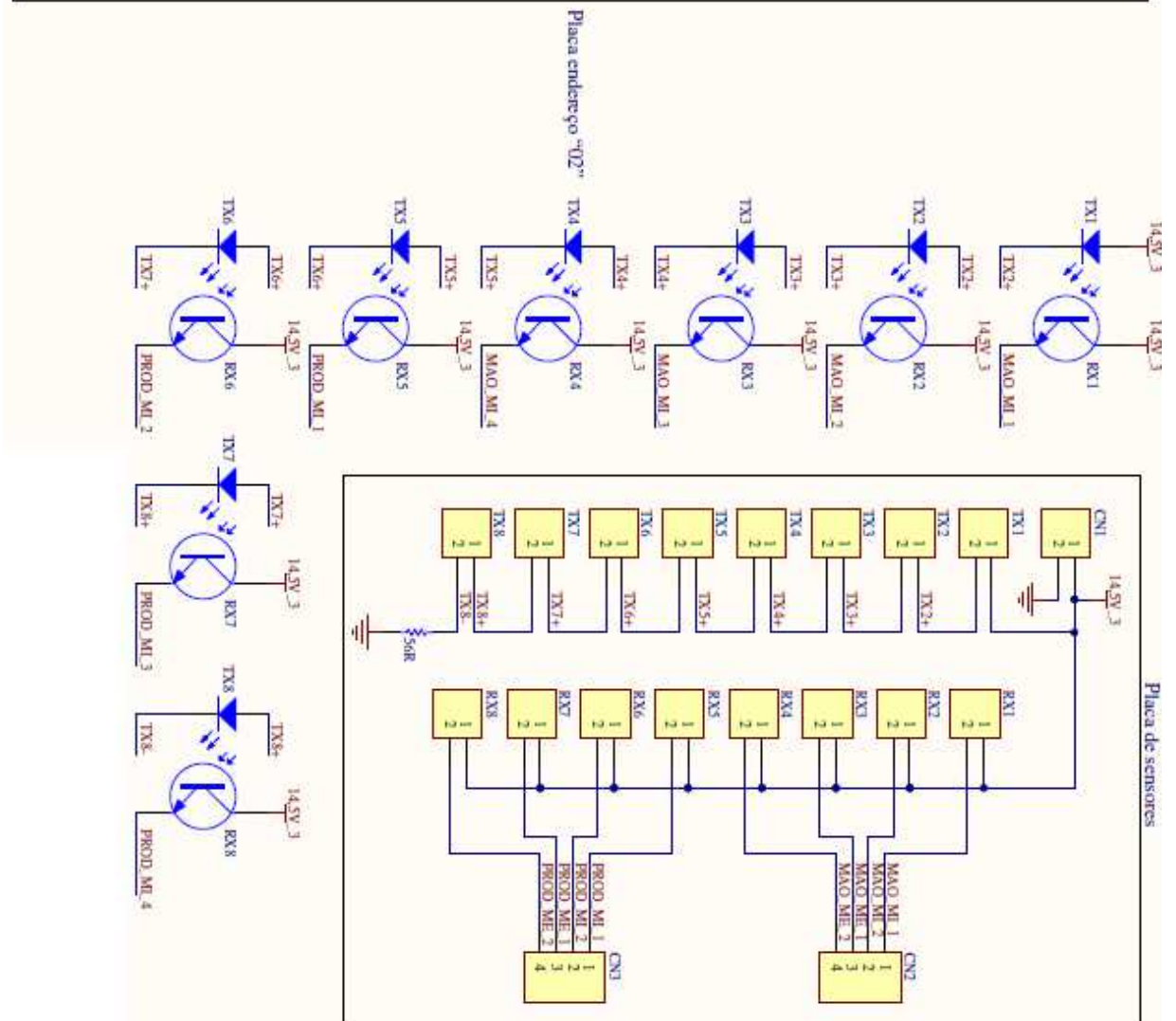
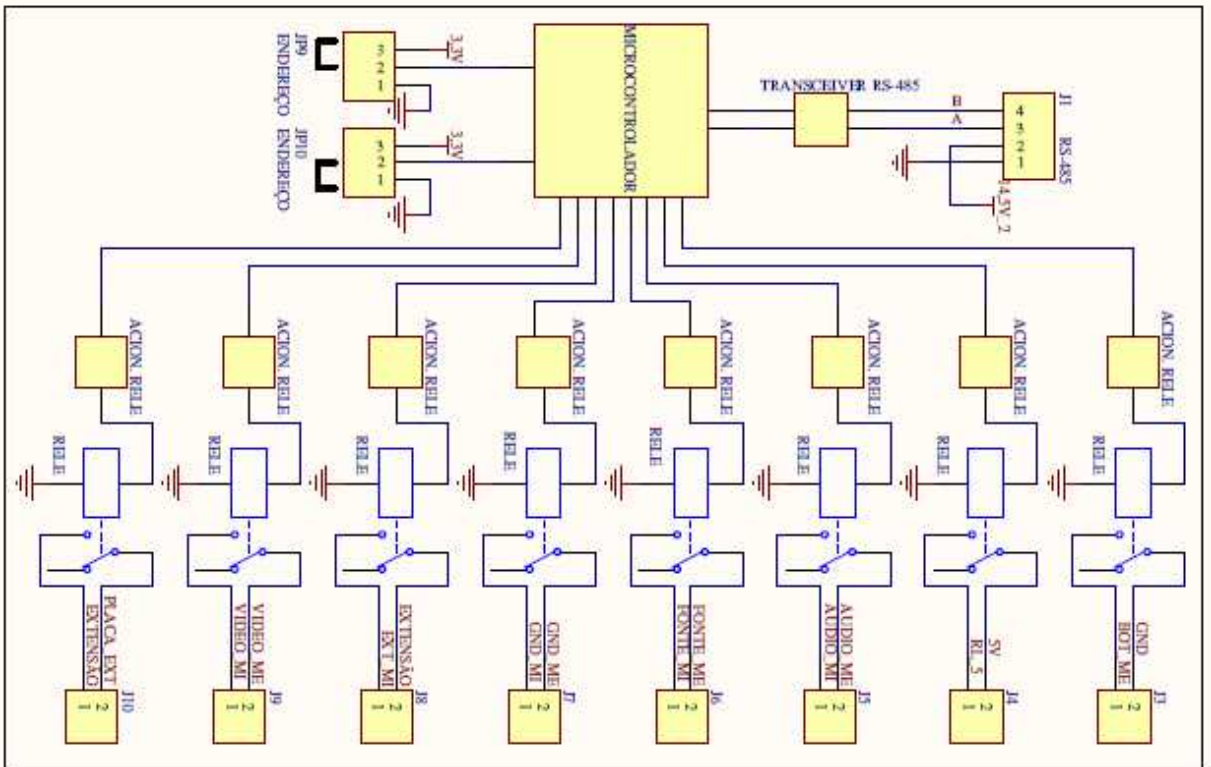


Placa endereço "01"

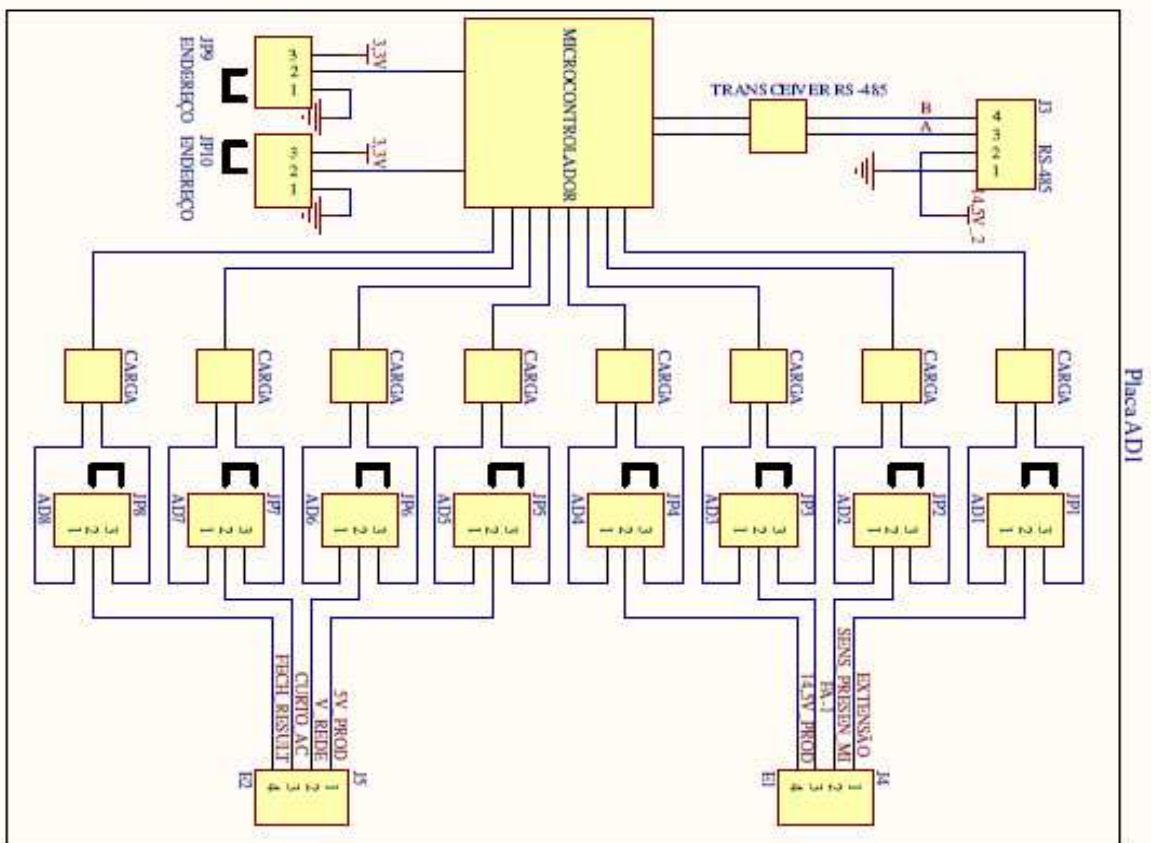
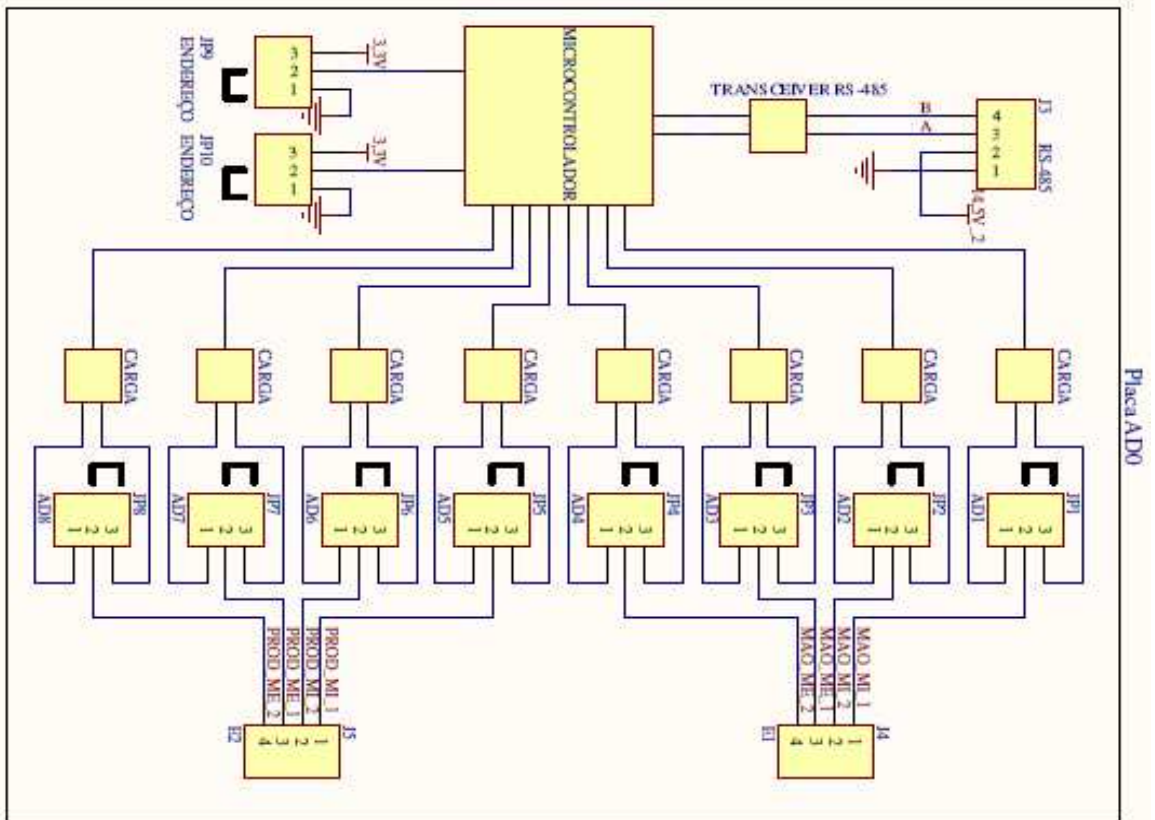


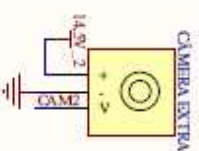
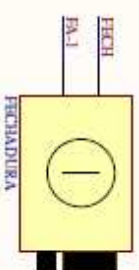
Placa extensão EA/fechadura/sensor de presença











## ANEXO B – Etapas de testes automáticos

